

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра економіки природокористування

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Економіко-екологічні аспекти функціонування електротранспорту

Виконав студент групи МЕД - 20
спеціальності 051 «Економіка»
Газібар Семен Іванович

Керівник д.е.н., проф.
Губанова Олена Ростиславівна

Рецензент д.е.н., проф.
Андрєєва Наталя Миколаївна

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет (інститут) Природоохоронний

Кафедра Економіки природокористування

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 051 «Економіка»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Економіка довкілля та природних ресурсів»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

д.е.н., проф. Губанова О.Р.

“ 28 ” жовтня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студенту(ці) Газібар Семену Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Економіко-екологічні аспекти функціонування електротранспорту

керівник роботи Губанова Олена Ростиславівна, д.е.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 18 ” жовтня 2021 року № 216- С

2. Строк подання студентом роботи 6.12.2021р.

3. Вихідні дані до роботи Законодавчі та нормативні акти, дані статистичної звітності, публікації в науковій та спеціальній літературі, монографії за темою дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Електромобільність - сучасний тренд розвитку транспортної сфери.

2. Економічний аспект застосування електромобілів.

3. Вплив електромобілів на оточуюче середовище.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Кількість електромобілів в Україні за регіонами

2. Принципова схема гібридного автомобіля з маховичним накопичувачем та електромеханічним приводом фірми "BMW"

3. Принципова схема типового електромобіля

4. Схема міського електробуса нової концепції

5. Ринок електромобілів в Україні станом на 2020р.

6. Порівняння витрат на електромобіль (Volkswagen e-Golf) та його аналог на паливі (Volkswagen Golf).

7. Оцінка викидів звичайного автомобілю та електромобілю Nissan Leaf для різних країн

8. Порівняння викидів CO₂ зі звичайного нового автомобіля та нового Nissan Leaf протягом 12 років експлуатації
9. Викиди CO₂ при виробництві батареї у різних регіонах світу
10. Викиди протягом життєвого циклу за компонентами та стадіями виробництва

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 28.10.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Написання 1-го розділу магістерської роботи.	28.10.21-07.11.21		
2	Написання 2-го розділу магістерської роботи.	08.11.21-20.11.21		
3	Рубіжна атестація	21.11.21-25.11.21		
4	Написання 3-го та 4-го розділів магістерської роботи.	26.11.21-02.12.21		
5	Формулювання висновків магістерської роботи. Оформлення магістерської роботи	03.12.21-05.12.21		
6	Перевірка магістерської роботи науковим керівником, надання відгуку	06.12.21-08.12.21		
7	Перевірка на антиплагіат	09.12.21-11.12.21		
8	Перевірка магістерської роботи зав. кафедрою	12.12.21-13.12.21		
9	Рецензування роботи	14.12.21-15.12.21		
10	Попередній захист магістерської роботи на кафедрі	16.12.21		
11	Підготовка остаточної паперової та електронної версії роботи.	17.12.21		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи магістра Газібар С.І.

на тему: «Економіко-екологічні аспекти функціонування електротранспорту»

Актуальність теми. Забруднення навколишнього середовища викидами з автотранспорту змушує шукати альтернативи, якими може стати використання електротранспорту. На даний момент для міського циклу електромобілі є оптимальним видом легкового транспорту, який відповідає всім вимогам екологічної та енергетичної безпеки.

За експертними оцінками, перший мільйон електромобілів на дорозі знизить світовий попит на нафту на 1,3 мільйона барелів на добу.

Використання електромобілів замість автомобілів з ДВЗ зменшує забруднення повітря у містах. Традиційні автомобілі, навіть із високоякісним нафтовим паливом викидають безліч забруднюючих речовин. А електромобілі не мають викидів. Викиди ж у зв'язку з генерацією електроенергії в основному залишаються поза містами і розпоршуються на суттєво більшу висоту, що краще для здоров'я населення.

Електромотор з розрахунком втрат при зарядці має ефективність порядку 85-90% потрібної з мережі електроенергії, що в 3 рази вище за коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна внутрішнього згорання, який становить близько 30-35%. При цьому, якщо враховувати втрати при нафтопереробці, генерації та передачі електроенергії, то за витратами енергії ці технології в цілому зіставні.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в обґрунтуванні доцільності переходу на електротранспорт в контексті перспектив досягнення глобальної вуглецевої нейтральності. З огляду на це, проаналізовано досвід використання електротранспорту у різних країнах світу, розглянуто вплив електромобілів на навколишнє середовище, починаючи з виробництва акумуляторів до отримання електроенергії для

живлення електромобілів, та економічний аспект їх використання (попередня вартість, вартість експлуатації та технічного обслуговування).

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження виступає процес розвитку електромобільності транспортної сфери.

Предметом дослідження є позитивні та негативні аспекти використання електротранспорту в економічному та екологічному вимірі.

Методи дослідження. В ході дослідження застосовувались загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: аналіз і синтез, порівняння, табличний, групування, комплексний, системний підходи тощо.

Інформаційною базою дослідження є наукові праці зарубіжних та вітчизняних вчених з питань впливу і використання електротранспорту, а також ресурси мережі Internet.

Апробація та впровадження результатів дослідження. Результати дослідження доповідались на засіданні наукового гуртка кафедри економіки природокористування (протокол №2 від 29.10.2021р.).

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, чотирьох розділів та висновків, містить 4 таблиці, 11 рисунків та 32 літературних джерел. Загальний обсяг роботи – 77 сторінок.

Ключові слова: *електромобілі, електротранспорт, батарея, викиди CO₂, економіка використання.*

SUMMARY

to the qualification work of Master by Gazibar S.

on the topic: " Economic and environmental aspects of the operation of electric transport "

Actuality of theme. Pollution from emissions from motor vehicles forces us to look for alternatives that could be the use of electric vehicles. At the moment, for the urban cycle, electric cars are the optimal type of passenger transport that meets all the requirements of environmental and energy safety.

According to expert estimates, the first million electric cars on the road will reduce global oil demand by 1.3 million barrels per day.

Using electric cars instead of internal combustion engines reduces air pollution in cities. Traditional cars, even with high-quality petroleum fuel, emit a lot of pollutants. And electric cars have no emissions. Emissions due to electricity generation mostly remain outside the cities and are sprayed to a much higher altitude, which is better for the health of the population.

The electric motor with the calculation of losses during charging has an efficiency of about 85-90% of the required electricity from the grid, which is 3 times higher than the efficiency (efficiency) of the internal combustion engine, which is about 30-35%. At the same time, if we take into account the losses in oil refining, generation and transmission of electricity, the energy costs of these technologies are generally comparable.

The purpose and objectives of the study. The aim of the work is to substantiate the expediency of the transition to electric transport in the context of the prospects of achieving global carbon neutrality. With this in mind, the experience of using electric vehicles in different countries is analyzed, the impact of electric cars on the environment, from battery production to electricity for electric vehicles, and the economic aspect of their use (preliminary cost, cost of operation and maintenance).

Object and subject of research. The object of research is the process of

development of electric mobility in the transport sector.

The subject of the study is the positive and negative aspects of the use of electric vehicles in the economic and environmental dimensions.

Research methods. In the course of the research general and special research methods were used: analysis and synthesis, comparison, tabular, grouping, complex, system approaches, etc.

The information base of the study is the scientific works of foreign and domestic scientists on the impact and use of electric vehicles, as well as Internet resources.

Approbation and implementation of research results. The results of the study were reported at a meeting of the scientific group of the Department of Environmental Economics (Minutes №2 of 29.10.2021).

Structure and scope of work. The master's thesis consists of an introduction, four chapters and conclusions, contains 4 tables, 11 figures and 32 references. The total volume of work is 77 pages.

Key words: *electric cars, electric transport, battery, CO₂ emissions, economics of use.*

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНІСТЬ – СУЧАСНИЙ ТРЕНД РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СФЕРИ	12
1.1 Світовий ринок електротранспорту, прогнози розвитку	12
1.2 Аналіз українського ринку автомобілів	15
1.3 Класифікація електротранспорту	17
1.4 Історія розвитку електротранспорту	23
1.5 Перспективи використання електротранспорту	26
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІЧНИЙ АКПЕКТ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	34
2.1 Оцінка економічності електромобілів	34
2.2 Попередня вартість	37
2.3 Вартість використання	40
2.4 Технічне обслуговування	41
2.5 Порівняння енергоефективності різних автомобілів	45
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ	49
3.1 Існуючі дослідження впливу електромобілів на довкілля	49
3.2 Проблема оцінки економії палива	57
3.3 Викиди від виробництва акумуляторів	58
3.4 Умови вироблення електроенергії для електромобілів	63
РОЗДІЛ 4. SWOT-АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ	68
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

Глобальна декарбонізація - перехід у глобальному масштабі до низьковуглецевого розвитку є відповіддю на глобальну зміну клімату, спричинену антропогенними викидами парникових газів у повітря. Мета декарбонізації - скорочення, а на перспективу зведення до нуля цих викидів для гальмування кліматичних змін і мінімізації завданих ними збитків. Понад 110 країн світу вже заявили про своє прагнення досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року. Й з огляду на те, що на транспортний сектор припадає 23% всіх викидів парникових газів у світі, скорочення їх за рахунок зростання електромобільності транспорту стає актуальним завданням реалізації Європейського Зеленого курсу та сталого економіко-екологічного розвитку суспільства. За планами, до 2030 року в ЄС кількість транспорту з нульовими викидами має становити 30 млн. одиниць, а до 2050 року - майже весь транспорт, включаючи вантажний та автобусний, має стати «zero-emissions».

Негативний вплив автомобілів на навколишнє середовище є суттєвим. На жаль, крім усіх тих позитивних якостей, які несе з собою використання транспорту з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), також спостерігається безліч негативних факторів. Основним із них є негативний вплив на навколишнє середовище. Ця проблема є дуже актуальною в наш час, бо кількість автомобілів невпинно росте. Об'єктом нашого дослідження є електротранспорт, який є більш екологічний і може замінити звичайний транспорт з двигуном внутрішнього згорання.

Електротранспорт - вид транспорту, що використовує як джерело енергії електрику, а в приводі використовується - тяговий електродвигун. Його основними перевагами перед транспортом із двигунами зовнішнього або внутрішнього згорання є більш висока продуктивність та екологічність.

У розвинених країнах електротранспорт є основним перевізником пасажирів усередині міста, на його частку припадає понад 50% перевезень. У деяких країнах відсоток перевезень електротранспортом у містах становить від 15%. Основними засобами міського пасажирського електротранспорту є трамваї, тролейбуси, метрополітен, електропоїзди, застосовуються також монорейки, фунікулери та ін.

Вантажний електротранспорт застосовується у перевезеннях, що потребують великого ККД транспортного засобу, наприклад вантажні тролейбуси застосовуються на відкритих кар'єрах, а електропоїзди та електровози постійного та змінного струму використовуються на залізницях. Також до вантажного електротранспорту належать електрокари, електровізки, електротягачі, електронавантажувачі, деякі види самохідних кранів та екскаваторів.

До індивідуального електротранспорту відносяться сегвей, гіроскутер, електросамокат, моноколесо та електровелосипед. Практично будь-який неелектричний двигун можна замінити на електричний. Відповідно будь-який транспортний засіб, що використовує для руху неелектричний двигун (ДВЗ, дизельний двигун, паровий двигун та інші) може використовувати як тягу і електричний двигун.

Однією з найбільших перешкод на шляху масового використання електромобілів є їх ціна. У порівнянні з бензиновими та дизельними аналогами автомобіль на електродвигуні зараз коштує в 1,5-2 рази більше. Проте за рахунок зниження витрат на акумуляторні батареї, перехід на електромобілі суттєво пришвидшиться, ніж очікувалося раніше. Вже сьогодні стрімко зростають продажі електромобілів в ЄС та Китаї, незважаючи на негативні тенденції, що спостерігаються на автомобільному ринку, викликані пандемією коронавірусу.

Динаміка вітчизняного ринку електромобілів також є позитивною. Кількість електромобілів, які придбали українці збільшилась в 12,9 разів (з 1380 одиниць в

2016 році до 18066 – в 2019 році) [1].

Використання електромобілів неможливе без розвиненої інфраструктури електрозаправок, яких у нашій країні не так багато. На даний момент для міського циклу оптимальним видом легкового транспорту, який відповідає всім вимогам екологічної та енергетичної безпеки є електромобілі.

За оцінками фахівців, у глобальному масштабі частка ринку електромобілів до 2025 року досягне 17%, а до 2030 року на електромобілі має припадати вже 40% світових продажів.

РОЗДІЛ 1

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНІСТЬ – СУЧАСНИЙ ТРЕНД РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СФЕРИ

1.1 Світовий ринок електротранспорту, прогнози розвитку

Майбутнє світу за транспортом з низьким рівнем викидів. З кожним днем світ наближається до екологічно чистого електричного транспорту. Світовий ринок електромобілів навіть під час пандемії у 2020 р. показав зростання 5% на тлі 18% падіння продажів автотранспорту. Як прогнозує Міжнародне енергетична агенція, світовий парк електромобілів до 2025 року збільшиться практично у 200 разів, тобто досягне 200 млн. одиниць машин.

Для ринку електромобілів сьогодні характерна наявність великого незадоволеного попиту. «Точка перелому», тобто стан ринку, коли частка нового продукту сягає 3–5%. Саме з цього рівня ринок починає зростати не стільки завдяки зусиллям продавця, як здебільшого - діям покупця. На рівні 15% починається масовий швидкий перехід виробників до нового продукту; при досягненні 40% ринок «ламається» і переходить до нової норми.

Сьогодні за обсягом продажів ринок електромобілів найбільше наблизився до «точки перелому». У 2020 році продажі електромобілів у світі склали 4,2% від загального обсягу глобального ринку легкового транспорту, а саме 3,1 млн. машин [2, 3]. Найближчими роками очікувані інституційні зміни і технологічні прориви на світовому ринку мають призвести до того, що галузь перейде від стадії зростання ринку до стадії масового швидкого переходу.

У Європі Франція та Німеччина активізували підтримку використання електромобілів (EV), тоді як Великобританія перенесла заборону на двигун внутрішнього згоряння на 5 років до 2030 року. І Китай підтвердив свій амбітний план продажів у 20% на 2025 рік на основі свого попереднього зобов'язання

побудувати 5 мільйонів державних зарядних пристроїв для електромобілів до кінця 2020 календарного року [4].

За експертними оцінками, перший мільйон електромобілів на дорозі знизить світовий попит на нафту на 1,3 мільйона барелів на добу. Все це та багато іншого вказує на те, що електрифікація транспорту є одним із мегатрендів майбутнього, який починає відбуватися зараз.

Так, уряд Норвегії має намір з 2025 року заборонити автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, замінивши їх електричними або гібридними, що заряджаються. До того ж, Нідерланди збираються припинити продаж дизельних і бензинових автомобілів. Німеччина до 2030 року заборонить двигуни внутрішнього згоряння, а у Франції та Великобританії звичайні автомобілі перестануть продаватися з 2040 року. Але найрадикальніші заходи планує Китай, де вже використовується майже половина всіх електромобілів світу, і за минулий рік їх продаж перевищив мільйон одиниць. За планами у 2025 році електромобілі повинні становити 80% автовиробництва у КНР і 10% з випущених мають бути експортовані. В Європі та США електромобілі складають трохи більше 20% всього парку, а продано нових електромобілів у 2018 році 380 000 та 375 000 відповідно. Згідно з прогнозом Міжнародного енергетичного агентства, до 2030 року в Європі електромобілі становитимуть 26% у продажу нових автомобілів, у Китаї — 28%, а в США — лише 8% [2].

Це означає, що зараз, як ніколи, світу потрібні економічні, ефективні акумулятори, які є потужними, енергоємними, термічно стабільними, здатними перезаряджатися тисячі разів і такими, що можуть досягти високого заряду за лічені хвилини. Він також потребує сировини, яка має надійні постачання [5].

Слід зазначити, що виробництво електромобілів значною мірою залежить від наявності таких ресурсів, як нікель. Саме тому, компанія Tesla Inc. підписала угоду про постачання нікелю з ВНР Nickel West у Західній Австралії (це один з

найбільш стійких нікелів з найнижчим виробленням вуглецю в атмосфері у світі). Tesla є найбільшим у світі виробником електромобілів та систем зберігання акумуляторів, місією якого є прискорення переходу до сталої енергетики, а нікель є ключовим металом, який використовується для виробництва акумуляторної технології Tesla Inc. [6].

Очікується, що протягом наступного десятиліття попит на нікель в акумуляторах зросте більш ніж на 500 відсотків, значною мірою для підтримки зростаючого світового попиту на електромобілі. Але для ВНР вона не зупиняється лише на постачанні нікелю для електротранспорту. ВНР вважає, що гірничодобувна промисловість повинна бути в авангарді боротьби з кліматичними проблемами. Таким чином, у партнерстві з двома іншими найбільшими в світі ресурсними компаніями, ВНР запустила Charge On Innovation Challenge, глобальний конкурс для технологічних новаторів з розробки нових концепцій для систем електрифікації великомасштабних вантажних автомобілів, щоб допомогти значно скоротити викиди від наземних шахт і зробити більш безпечними, продуктивними та покращити в експлуатації вантажні автомобілі [6].

ВНР також співпрацює з китайським автомобільним аналітичним центром Automotive Data of China Co., Ltd. (ADC), щоб підтримати його дослідження щодо майбутньої електрифікації транспорту в Китаї. Партнерство буде зосереджено на ключових факторах розвитку енергозберігаючих та нових енергетичних транспортних засобів у Китаї, таких як виробничий ланцюг створення вартості, ефективність, ставлення споживачів та розробка продуктів, хімічний склад акумуляторів, технічні характеристики, політичне середовище та далекобійність, перспективи електрифікації [7].

На підприємстві ВНР Nickel West партнерство з Toyota вивчатиме, як зменшити інтенсивність викидів у автопарку легких автомобілів. Він спирається на інші випробування легких електромобілів, які тривають у Південній Австралії

та Квінсленді. Зменшення нашої залежності від дизельного палива на наших підприємствах допоможе досягти середньострокової цілі щодо скорочення експлуатаційних викидів на 30 відсотків до 2030 року. Саме ресурси, такі як мідь і нікель, що виробляються ВНР, допомагають зробити можливим майбутнє електричного транспорту вже зараз [8].

На думку експертів, якщо кожна сім'я в розвинених країнах матиме свій електромобіль, то до 2050 року всесвітній попит на електроенергію зросте на 20 - 38%. Ці прогнози, однак, упираються у сучасний стан техніки депонування електроенергії технології вторинної переробки та використання літій-іонних батарей, яких наразі переробляється менше 5% [9].

1.2 Аналіз українського ринку автомобілів

В Україні набуває популярності ринок електромобілів. Так, за інформацією Інституту досліджень авторинку, минулого місяця українці придбали 1595 екземплярів електромобілів. Більшість із них (48% або 762 автомобілів) були ввезені з-за кордону уживаними. Ще 44% (698 автомобілів) — це внутрішній перепродаж. І лише 8% - 135 автомобілів з електричним двигуном українці придбали новими.

Втім, незважаючи на невелику кількість електромобілів у структурі ринку, у жовтні зафіксовано одразу два рекорди: абсолютний максимум імпорту вживаних EV з-за кордону та максимальну місячну кількість продажів у цьому сегменті ринку загалом. Порівняно з вереснем 2021 року, загальний обсяг ринку електромобілів зріс на 0,5%. Українці придбали на вісім автомобілів із електродвигунами більше, ніж минулого місяця. Порівняно з жовтнем 2020 року загальний обсяг первинного ринку зріс на 34,8%.

Кількість електромобілів за регіонами України наведена в Табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Кількість електромобілів в Україні за регіонами

Регіон /місто	Кількість, од
Київ	5126
Одеська область	3490
Київська область	2873
Харківська область	2330
Дніпропетровська область	1875
Львівська область	1528
Вінницька область	755
Запорізька область	654
Рівненська область	546
Житомирська область	537
Полтавська область	474
Черновецька область	375
Івано-Франківська область	372
Хмельницька область	360
Миколаївська область	356
Донецька область	355
Тернопільська область	342
Волинська область	334
Черкаська область	290
Закарпатська область	255
Херсонська область	169
Кіровоградська область	163
Сумська область	154
Чернігівська область	123
Луганська область	33
АР Крим область	3

Найпопулярнішим електромобілем, завезеним з-за кордону протягом жовтня, виявився Nissan Leaf (167 одиниць). Одна з перших моделей електромобілів, що з'явилася на українському авторинку, не втрачає популярності через доступну ціну та непогані технічні характеристики. На другому місці – найдешевша та водночас популярна модель Tesla – Model 3. Третє місце – за компактним Renault Zoe (45 автомобілів), одним із перших масових європейських електромобілів.

1.3 Класифікація електротранспорту

На фоні забруднення навколишнього середовища тема електричного транспорту в 21-му столітті стала дуже актуальною. Для збереження навколишнього природного середовища винахідники-інженери придумують нові засоби переміщення, зручні та компактні, які складають гідну конкуренцію димучим машинам та дозволяють розвантажувати потік громадського транспорту. Також актуальне питання переходу автомобілів і мотоциклів з двигунами внутрішнього згорання на електричні [10].

Коли люди думають про електромобілі, на думку спадають такі види транспорту, як електрички, трамваї та багато інших. Термін для них – електромобіль. Але насправді електромобіль був визначений як будь-який транспортний засіб, який принаймні частково працює на електриці, на відміну від звичайних автомобілів, які працюють на дизельних і бензинових двигунах. Електромобіль приводиться в рух електродвигуном, який споживає електроенергію від батареї і паливних елементів.

Всупереч поширеній думці, електромобіль був винайдений не в 21 столітті.

Далі будуть перераховані види електротранспорту від найкомпактніших до найбільших.

Компактні види електротранспорту

Такі засоби переміщення, які починаються від найменших, зручно переносити в руках у разі, якщо вони розрядяться, а також заносити в будинок, на роботу чи в кафе. Цей транспорт не потребує спеціальної території чи гаража, йому буде достатньо місця в кутку приміщення [11].

1. Гіроскутер. Один з найкомпактніших груп електротранспорту. Розміри гіроскутерів дозволяють у разі розряду батареї понести пристрій в руках або у спеціальній сумці.

2. Моноколесо - інша компактна група пристроїв. Одне колесо знаходиться у корпусі з розсувними платформами для ніг. Дозволяє комфортне маневрування у потоці людей, адже ширина пристрою знаходиться на рівні ширини плеча. А загальні габарити не більше звичайного рюкзака.

3. Найнбот - такий транспорт можна назвати перехідним між гіроскутерами і сегвеями, в них залишилася плоскість для ніг, але додана кермова колонка до рівня колін для іншого способу повороту пристрою.

4. Сегвей - найкомфортніша, але менш компактна форма «пересувної платформи», на відміну від менших видів транспорту має повноцінний руль, за який зручно триматися, а також застосовуються колеса більшого розміру для кращого проходження місцевості.

5. Електросамокат - зберігає компактність складного самоката, а також його способи положення ніг «вдовж» шляху руху. Такі апарати можуть збільшувати швидкість до 30 км/год, що в сумі з малими габаритами та невеликою масою буде зручним способом доступу до роботи та додому в час піку, незалежно від автомобільних заторів.

6. Електровелосипед - уявляє собою покращену версію звичайного велосипеда з сучасним рішенням у вигляді електромотора. Конструкційні особливості звичного нам транспорту та відмінна аеродинаміка дозволяють

двигуну набирати швидкість до 80 км/ч, в залежності від його потужності. При цьому в дорозі можливо крутити педалі, допомагаючи мотору використовувати менші зусилля, а також у разі розряду батареї, на класичній педальній тязі можна доїхати до дому чи до найближчої розетки.

Великі види електротранспорту

На нашій планеті поступово набирає попити електрифікація транспорту. В цьому напрямленні автомобільні концерни випускають машини і мотоцикли з гібридними двигунами, а деякі ентузіасти застосовують технології повної електричної тяги [11].

1. Електроскутер - призначений замінити звичайні мотоцикли на повністю електричні. Запас заряду складає 200 кілометрів, при цьому швидкість може досягати 50 км/ч. Порівняно з велосипедами та самокатами, скутери володіють більш надійною рамою, великою вагою для стійкості на дорозі, а також м'якою системою підвісок. Також для малорухливих людей буде плюсом наявність широкої та зручної сидушки з можливістю взяти з собою пасажирів.

2. Електромобіль - найяскравішим прикладом послужить, зрештою, усім відома компанія Tesla, яка випускає електромобілі з достатньо потужним електромотором, який встановлюється у гоночних моделях, внутрішнім запасом ходу, завдяки великому простору для батареї та технічних елементів, а також сучасними системами безпеки [12]. Але на цьому історія електромобілів далеко не закінчується, адже питання збереження довкілля є рушійною силою цієї галузі до її розквіту, зараз продовжуються інженерні розробки доступних електромобілів.

В даний час існує два різновиди електромобілів:

- Гібридні автомобілі, які мають традиційний ДВС та невелику батарею та електромотор, яку можна заряджати від електромережі (Рис.1.1). Електроенергія може використовуватися в чистому електричному режимі і дозволяє проїхати

відстань у кілька десятків кілометрів. Приклад такого автомобіля є Toyota Prius (крім першої версії моделі), Chevrolet Volt, Hyundai Ioniq. Для позначення використовується аббревіату-PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) [6].

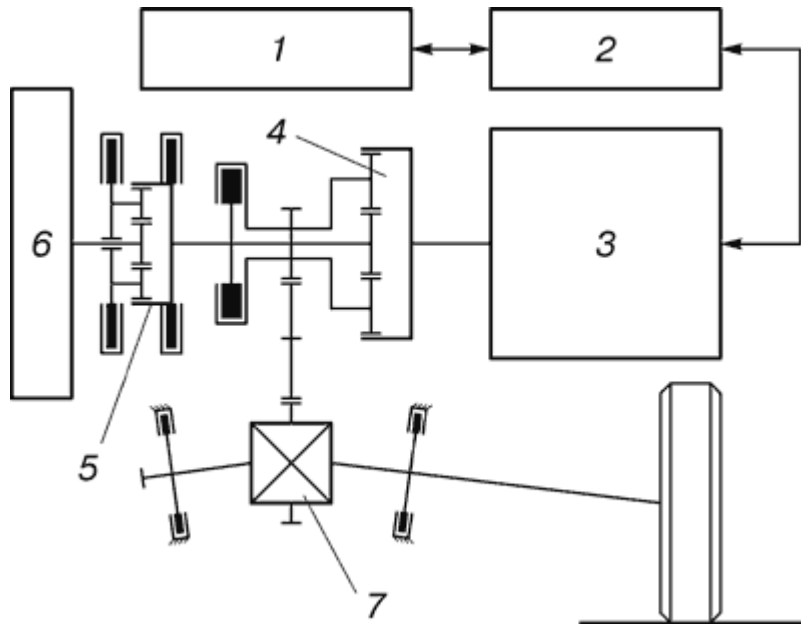


Рис.1.1 Принципова схема гібридного автомобіля з маховичним накопичувачем та електромеханічним приводом фірми "BMW" (Німеччина):
 1 – джерело струму; 2 – система управління; 3 – оборотна електромашина; 4 – диференціальний механізм; 5 – мультиплікатор; 6 – маховичний накопичувач; 7 – головна передача

- Електромобіль – повністю електричний автомобіль, має лише акумулятор та електродвигун (Рис.1.2). Зарядження автомобіля здійснюється від мережі. Прикладами чистих електромобілів є Nissan Leaf, Tesla, BMW і3 та ін. Основні виробники автомобілів починають випускати чисто електричні автомобілі. Для позначення використовується аббревіатура BEV (Battery Electric Vehicle) [12].

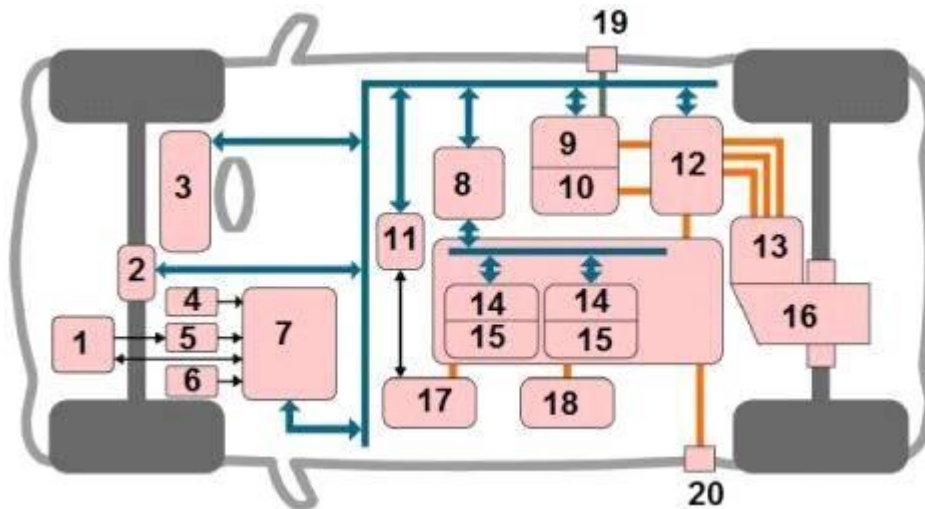


Рис.1.2. Принципова схема типового електромобіля

1 - датчик тиску в гальмівній системі; 2 - електропідсилювач рульового керування приладова панель; 3 – приладова панель; 4 - датчик положення педалі акселератора; 5 -датчик положення педалі гальма; 6 - датчик положення селектора перемикання передач; 7 - блок керування електромобілем; 8 - блок керування акумуляторної батареї; 9 - бортовий зарядний пристрій; 10 - перетворювач постійного струму; 11 - блок керування кондиціонером; 12 - інвертор; 13 - електродвигун; 14 - рівень заряджання акумуляторної батареї; 15 - модуль акумуляторної батареї; 16 - трансмісія; 17 - компресор кондиціонера; 18 - обігрівач; 19 - роз'єм для звичайної зарядки; 20 - роз'єм для швидкої зарядки.

У 2010 році парк електромобілів характеризувався розподілом між чистими електромобілями (BEV) і гібридами (PHEV) у співвідношенні 60 на 40%. Проте за 2012-2019 рр. частка чистих електромобілів збільшилася на 13 % та вже перевищила 70%.

Інші великогабаритні види електричного транспорту

У цій категорії можна об'єднати технічно складні види транспорту, які забезпечують економіку містам та виробництву, дозволяючи здешевити часті рейси пасажирських та вантажних пристроїв. Приклади таких засобів переміщення: трамваї, тролейбуси, електробуси, електропотяги (у т.ч. метро),

крани і вантажопідійомники, тягачі, екскаватори, вантажні електрокари, підводні човни, водяні електроходи, літаки з електромоторами.

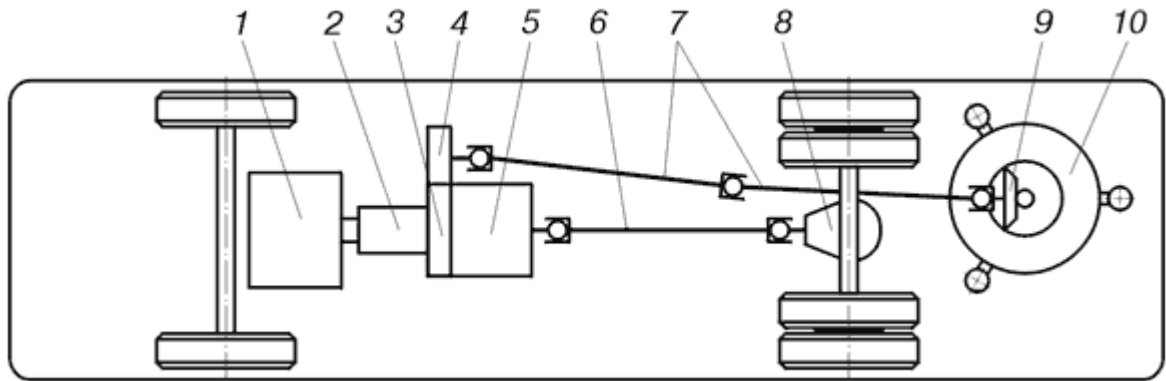


Рис. 1.3 Схема міського електробуса нової концепції:

1 - джерело струму; 2 - електродвигун; 3 - механізм реверсу; 4 - коробка відбору потужності; 5 - планетарний дисковий варіатор; 6, 7 - карданні передачі; 8 - головна передача; 9 - конічна зубчаста передача; 10 - супермаховичний накопичувач

Тут блок супермаховичного накопичувача 10, з своїм редуктором 9, розташований незалежно від інших агрегатів і м'яко підвішений на рамі для зменшення і без того невеликих гіроскопічних зусиль при горизонтальному розташуванні супермаховика. За допомогою коробки відбору потужності 4 і карданних 7 передач цей блок може зв'язуватися з варіатором 5 як незалежно, так і спільно з електродвигуном 2. Цей електродвигун може бути з'єднаний з варіатором 5 і незалежно від супермаховика, і грати роль повноцінного тягового двигуна, в основному, на стаціонарних режимах руху. Незважаючи на те, що електродвигун 2 в цьому випадку дещо збільшується за потужністю та масою, енергоємність супермаховичного накопичувача може бути істотно знижена, реально до 0,5 кВт·год. Це дозволяє виготовляти супермаховик з такого стабільного та порівняно дешевого матеріалу, як сталевий вуглецевий дріт. Вихід з ладу (розрив) супермаховика настільки безпечний, що важкого захисного

кожуха, що істотно перевищує за масою сам маховик, і необхідного при маховику з вуглепластиків, не потрібне. Варіатор дозволяє тяговому електродвигуну працювати в ефективному діапазоні моментів, що крутять, і частот обертання, передаючи тільки частину потужності, необхідної для руху електробуса, що сприятливо для його роботи.

Слід зазначити, що проблема створення ефективного електромобіля, вже давно актуальна в технічно розвинених країнах світу, набуває особливої актуальності в даний час в Росії завдяки новим програмам розробки електромобілів.

1.4. Історія розвитку електротранспорту

Декілька слів про історію електротранспорту: у 1832 році винахідник, народжений у Шотландії на ім'я Роберт Андерсен, винайшов дуже грубу карету. Різниця, що відрізняла його, полягала в тому, що це була електрична карета, яка живилася від первинних елементів, що не перезаряджаються. У 1835 році американець на ім'я Томас Девенпорт побудував невеликий локомотив, який живиться від електрики. Ситуація почала розвиватися в 1859 році, коли французький фізик Гастон Плант винайшов перше акумуляторне сховище свинцевої кислоти [13].

У 1891 році чоловік з Айови на ім'я Вільям Моррісон побудував перший успішний електромобіль у Сполучених Штатах. У 1897 році електромобілі вийшли на вулиці в Нью-Йорку, вироблені компанією Pope Manufacturing Company, розташованої в Коннектикуті. До цього в 1893 році на виставці в Чикаго широкій публіці демонструвалися різні моделі. У 1899 році Томас Алва Едісон почав будувати довговічну батарею для комерційного використання.

Едісон вважав, що електрика буде керувати автомобілями в майбутньому, і саме виходячи з цієї передумови, він почав будувати довговічну батарею, лише щоб відмовитися від неї через десять років, що не принесло жодних плодів. Далі між 1900 і 1970 роками електромобіль виходить з моди, оскільки в той час автомобілі, що працюють на внутрішньому згорянні, були кращим вибором автомобіля. Ситуація з електромобілями почала розвиватися, коли японська автомобільна компанія Toyota побудувала свій перший гібрид Prius, і його було продано понад 18 000 одиниць. Це сталося в 1997 році. Але потім з електромобілем нічого особливого не відбувалося між 1997 і 2005 роками.

Потім з'явилася Tesla, а разом з нею вони привезли Tesla Roadster. Tesla представила родстер на автосалоні в Сан-Франциско в листопаді 2006 року з обіцянкою розпочати масове виробництво автомобіля в 2008 році. З 2008 року по сьогоднішній день було розроблено багато електромобілів, хоча багато з них гібриди, були вироблені великими компаніями, такими як Ford, Nissan і Tesla. Компанії отримали фінансові стимули від урядів, щоб забезпечити виробництво ефективних транспортних засобів на ім'я електромобілів [14].

Загалом, розвиток електромобілів умовно поділяють на шість етапів, детально розглянутих в роботах автора [15, 16]:

- зародження електромобілів (1837-1895 рр.);
- інтенсивний розвиток і конкуренція (1896-1930 рр.);
- локальне використання (1931-1960 рр.);
- широкого проведення дослідно-конструкторських робіт і випуск великої кількості дослідних зразків і малих експериментальних серій електромобілів (1961-1982 рр.);
- певний спад, викликаний різкою зміною кон'юнктури на нафтовому ринку і проблемами, що проявилися при експлуатації дослідних партій (здебільшого через недоліки джерел струму) (1982-2010 рр.);

- відродження електромобілів, пов'язане з виходом на масовий ринок електрокарів відомих фірм: Tesla Motors (США), Nissan Motor Company (Японія), BYD AUTO (Китай).

На першому етапі розвиток електромобілів відбувався паралельно з автомобілями з ДВЗ, які на той час ще не були серйозними конкурентами для електрокарів. Конструкція електромобілів була простішою, ніж у авто з ДВЗ, і вони так само використовувалися тільки в містах в радіусі не більшому ніж 10 - 15 км, а їх швидкість не перевищувала 20 км/год.

Другий етап розвитку характеризується конкуренцією в області автомобілебудування. Виробництво електромобілів стало зростати, почався їх серійний випуск. Електромобілі займали значну частку серед усіх транспортних засобів, що були в експлуатації. Наприклад, в США до початку ХХ ст. 38% автомобілів мали електричні двигуни, 40% – парові, 22% – бензинові. Перше десятиліття цього періоду характеризується підйомом в розробці і виробництві електромобілів, а потім спостерігався деякий спад. У цей період серійне виробництво електромобілів було організовано в Англії, Німеччині, США, Франції, Японії та інших країнах. Електромобілі мали в середньому запас ходу 50-80 км, а швидкість 20-35 км/год. На ринку автомобілів підвищилася конкурентоспроможність автомобілів з ДВЗ по відношенню до електромобілів через вдосконалення конструкції поршневих двигунів. Це дозволило забезпечити швидкість їх руху більше 40-80 км/год. з запасом ходу до 300 км та використовувати автомобіль за межами міста.

Третій етап розвитку характерний тим, що вже на початку 30-х років ХХ століття виробництво електромобілів різко скоротилося. Лише в окремих країнах, таких як Великобританія, Німеччина і США, тривав їх випуск невеликими партіями. На третьому етапі спостерігається зростання виробництва електромобілів й в Англії.

Четвертий етап розвитку електрокарів розпочався з середини 60-х років ХХ ст. і характеризувався попитом на електромобілі у багатьох країнах як-то: США, Японія, Німеччина та Англія, що було обумовлено тогочасним загостренням енергетичних та екологічних проблем. В кінці 60-х і на початку 70-х років ХХ ст. виникла світова енергетична криза, яка стала свідченням того, що ресурси нафтових палив для транспорту з ДВЗ є обмеженими. Крім цього, велика кількість автомобілів у містах призвела до забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами й швидкого погіршення екологічного стану. Тому з 1966 по 1971 рр. у світі було розроблено багато дослідних зразків електромобілів, але подальшого розвитку і застосування вони не знаходили.

На п'ятому етапі розвитку спостерігався спад виробництва електромобілів, викликаний падінням цін на нафтовому ринку і невдачами в експлуатації дослідних партій через недоліки елементів живлення.

Шостий етап розвитку можна назвати етапом «відродження». Умовний термін початку – після 2010 р. Передумовою цього етапу стало заснування в 2003 р. однієї з найвідоміших сучасних компаній Tesla Motors (США). В 2006 р. компанія представила свій перший спортивний електромобіль Tesla Roadster з запасом ходу 300 км. Найбільш вагомий внесок в поширення електромобілів зробили два американські автовиробники – Tesla Motors та General Motors. Шостий етап розвитку електромобілів триває і до сьогодні.

1.5 Перспективи використання електротранспорту

На стадії експлуатації електротранспорт не забруднює навколишнє середовище, в той час як інші автомобілі виділяють занадто багато шкідливих речовин в атмосферу, що є вельми вагомим їх недоліком. Електротранспорт працює від електрики, яка є екологічно чистим джерелом енергії. А це означає,

що при використанні такого транспорту зменшується шкода людині та навколишньому природному середовищу.

Електротранспорт доступніший. На жаль, далеко не у кожної людини є достатньо коштів на автомобіль. А ось придбати електроскутер чи електросамокат може практично кожен! І це не сильно вдарить по бюджету. При цьому володар малогабаритного електричного транспортного засобу все одно зможе з відносним комфортом пересуватися по вулицях свого міста.

Якщо у вас є автомобіль, то напевно вам відомо, як не вигідно його утримувати. Справа в тому, що бензин дорожчає буквально з кожним днем. А автомобіль доводиться заправляти досить часто. У порівнянні з бензином електрика є дуже дешевим видом палива. Так що можна відчутися економію від використання електротранспорту буквально через кілька днів після його покупки.

Ну і звичайно, деякі види електротранспорту абсолютно нічим не поступаються за комфортом звичайним автомобілям. Йдеться про електромобілі. Керування електромобілем забезпечує отримання практично такого ж набору функцій, який є у звичайних автомобілів. Звичайно, деякі люди можуть сказати, що електромобіль має занадто низьку швидкість і дуже швидко розряджається. Однак це не так. Сучасні акумулятори, які встановлюються в електромобілях, дозволяють практично не потребувати зарядки кілька днів. Крім того, швидкість сучасного електромобіля не набагато нижча, ніж швидкість звичайного автомобіля. Звичайно, вона трохи нижча, але в умовах міста ви навіть не помітите цієї різниці.

За 8 місяців 2020 року український ринок нових електромобілів, за даними AUTO-Consulting, зріс порівняно з 2019 роком більше, ніж на 14%. Для порівняння: ринок нових авто загалом за той же період показав скорочення обсягів продажів на 4%. А якщо говорити про серпень цього року, то порівняно з 2019-м зростання продажів нових електромобілів склало 50%. Таким темпам

зростання можуть позаздрити інші оператори ринку, лише в абсолютних цифрах це, як і раніше, дуже мала кількість. На жаль, електромобілі займають лише 1% ринку нових автомобілів і абсолютно не впливають на загальну ситуацію [14].

Маркетингова агенція IRS Group провела аналіз ринку електромобілів в Україні. І ось які дані було опубліковано. Тільки у квітні в нашій країні було зареєстровано 461 електромобіль – у порівнянні з березнем приріст склав 9,5%. Таким чином, український ринок електромобілів збільшився на 7% і становив 7439 машин [11].

Якщо брати чотири місяці та аналогічний період минулого року, то приріст вже становить цілих 65%. Якщо брати по регіонах, то лідирує Тернопільська область, де було зареєстровано у 7,7 разів більше електрокарів. А ось на останньому місці знаходиться Харківська область – із падінням у 30% [17].

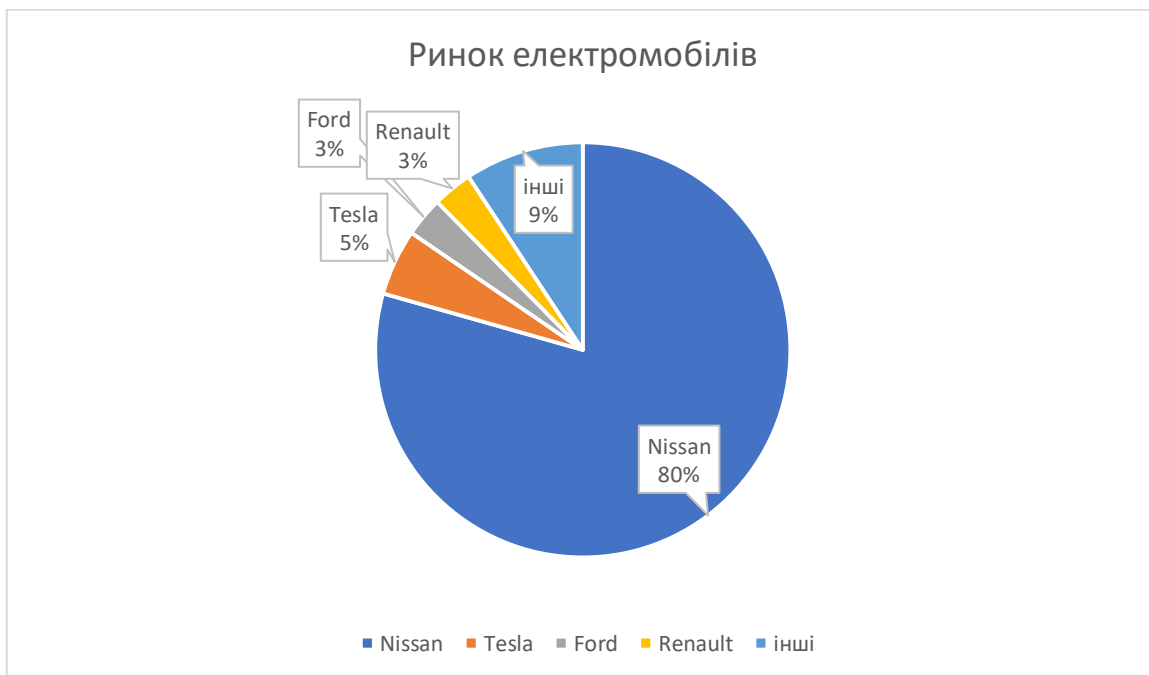


Рис.1.4 Ринок електромобілів в Україні станом на 2020р.

Головну роль до більшого доступу на ринок електромобілів відіграло скасування у 2015 році урядом України ввізного мита на транспортні засоби з електродвигунами. Завдяки цій ініціативі ціна електрокарів знизилася на 12%. У

найближчій перспективі розглядається ухвалення законопроекту, що пропонує повне зняття ПДВ на покупку електромобілів. Якщо такий законопроект буде схвалено, ціна на автомобілі з електродвигунами знизиться ще на 30-40%. Подібні цифри безперечно вказують, що перспективи розвитку ринку радужні, проте повністю залежать від політичної волі керівництва держави [18].

Очевидно, що позитивна динаміка зростання продажів електромобілів і значні перспективи подальшого розвитку не обумовлені виключно зниженням цін. До покупки електрокара споживача стимулює кілька інших факторів.

Економія. Будь-який електромобіль у заправці, обслуговуванні та експлуатації обходиться значно дешевше за традиційні авто.

Нестабільність паливного ринку. Прогнозувати свій бюджет на пальне, у зв'язку із частою зміною ціни, вкрай складно. Не додає стабільності та відсутності будь-якої регуляторної політики щодо цін на бензин, коли різниця в ціні на паливо однієї марки на деяких АЗС може досягати 5-7 гривень.

Багато в чому завдяки саме цьому Україна входить до ТОП-10 країн з продажу електромобілів. Якщо тенденція збережеться, то у найближчих перспективах у відсотковому співвідношенні за кількістю електрокарів від загальної кількості всіх авто, Україна буде серед найекологічніших держав. Тим паче, що ми вже знаходимося в цьому списку вище за багато країн ЄС [10].

Електротранспорт має свої переваги, до яких відносяться - дбайливіший до навколишнього середовища: водіння електромобілем означає, що ви будете керувати транспортним засобом, який не виробляє викидів. Оскільки вплив глобального потепління стає все більшим з кожним днем, ви зробите свій внесок у забезпечення чистішого довкілля для всіх, а також у створенні менш забрудненого світу для майбутніх поколінь. Електромобілі також працюють безшумно, тому менше шумового забруднення.

Менший знос: електромобілі працюють від батарейок і не потребують

механічного двигуна для роботи. Крім того, всі інші механічні атрибути, які постачаються з двигуном внутрішнього згорання, не потрібні в електромобілі. Це виключає витрати, пов'язані з такими речами, як свічки запалювання, масляні фільтри, певні насоси, клапани та інші пов'язані компоненти двигуна, які можуть збільшити довгострокові витрати. Технічне обслуговування акумулятора буде головною проблемою водія електромобіля.

Ідеально підходить для міського водіння: для міських жителів їзда у заторах є нормою. Автомобілі з бензиновим двигуном ефективніше працюють на шосе, але електромобілі відмінно їздять по місту. Якщо ви живете в місті, мати електромобіль має великий сенс. Деякі торгові центри, офіси та магазини також пропонують найкращі місця для паркування електромобілів, а в деяких районах електромобілі можуть їздити по доріжках для автомобілів або автомобілів на автомагістралі.

Економія на витратах за паливо: запустити автомобіль на електриці коштує менше, ніж на паливі. Ціна за кілометр пробігу на електриці значно нижча, ніж на газі, і ви можете легко зарядити свій автомобіль прямо у власному домі, не відвідуючи будь-яку станцію. Багато робочих місць і торгових центрів також пропонують безкоштовну зарядку.

Динаміка водіння: у багатьох електромобілів акумулятори зберігаються низько, а іноді вони прикручені прямо до шасі, тому електромобілі мають низький центр ваги та жорстке шасі, що допомагає їм керувати. Багато електромобілів також пропонують «керування однією педаллю», яке використовує рекуперативні гальма, щоб уповільнити автомобіль і зарядити акумулятори автомобіля. При водінні на одній педалі часто навіть не потрібно натискати педаль гальма — ви просто відпускаєте акселератор, і автомобіль досить агресивно сповільнює швидкість.

Унікальні рішення для зберігання: через відсутність двигуна чи справжньої

трансмисії, а також через те, що батареї зазвичай зберігаються низько та поза дорогою, електромобілі часто мають унікальні рішення для зберігання, як-от великі багажники, передні багажники або «баби» та великі ящики всередині [17].

Також є і недоліки - обмеження інфраструктури для зарядних станцій: однією з головних проблем, від якої страждають власники електромобілів, є можливість заряджати автомобіль у сільській місцевості. Спланувати довгі автомобільні поїздки буде складно, а в сільській місцевості не так багато зарядних станцій, як у містах. Це також створює проблему для мешканців квартир у містах, які не мають доступу до домашньої зарядки. Відсутність легкодоступних зон для зарядки та викликаний неспокій про запас ходу можуть зробити керування електромобілем досить напруженим [19].

Проблеми з непостійністю запасу ходу: кожен електромобіль має приблизний загальний запас ходу, встановлений виробником, але, як відомо, цієї цифри важко досягти в реальних умовах водіння. Офіційна дальність була досягнута досвідченим водієм з величезним терпінням і в ідеальних умовах, які не відображають того, з чим стикаються водії в реальному світі. Погода, наприклад, відіграє велику роль у запасі ходу: у холодну погоду запас ходу може зменшитися на цілих 40 відсотків. Електромобілі можуть бути не найбільш логічним вибором для людей, яким доводиться мати справу з холодними зимами. Крім того, електромобілі працюють краще, коли використовується м'який дотик – важкі водії отримують набагато менший діапазон.

Загальний запас ходу все ще є обмеженим: навіть з найкращою в сегменті 539 км загальної дальності, яку пропонує Tesla Model S 100D, ця цифра все ще не порівнюється із загальною дальністю, пропонованою для типового бензинового чотирициліндрового автомобіля з повним баком газу, що в середньому становить близько 595 км. Крім цього у Tesla, решта сегменту електромобілів мають запас ходу від 161 до 447 км на повній зарядці, що робить перспективу водіння

електромобілем для повсякденної діяльності складною та, можливо, проблематичною. Однак більшості людей не потрібна така велика дальність, оскільки середній пасажир проїжджає близько 48 км на день [12]. Може бути досить дорогим: електромобілі для заправки акумулятора все ще можуть вимагати вищої ціни в порівнянні з аналогічними автомобілями на газі.

Що стосується перспектив розвитку електротранспорту на українському ринку, то зараз кількість електромобілів в країні зростає так швидко, що ми займаємо за цим показником 10-те місце у світі. Загалом в Україні зареєстровано майже 27 тис. "зелених" авто. Із них понад 7 тис. українці купили за цей рік. Для порівняння, минулого року купили 5,3 тис. електрокарів – удвічі більше, ніж у 2017 році. Зростанню продажів сприяло скасування митних зборів та податків на ввезення електромобілів. Кількість електрокарів із загальної кількості машин в Україні дорівнює 3-3,2%. Аналітики IRS Group прогнозують збільшення кількості електрокарів до 246 тисяч. Темпи продажу електромобілів продовжать зростати за рахунок "обнулення" податків. Пільгова розмитнення діятиме до 2021 року. Українці можуть ввозити електромобілі і не платити жодної копійки за розмитнення, не треба платити ПДВ – 16,8%, та акцизний збір – 1 євро за кожен кВт ємності акумулятора. Мито в 10% парламент скасував ще в 2015 році. Залишається лише збір до Пенсійного фонду – 4,8%, його сплачують під час реєстрації авто. Є велика ймовірність, що цей збір скасують.

Більшість пунктів проекту стосується зарядних станцій для електромобілів. На сьогодні в Україні налічується 2054 зарядні станції з 4069 точками підключення, вважав сервіс PlugShare. Для порівняння у 2014 році в Україні було лише 35 зарядних станцій усіх типів. На одну зарядну станцію країни припадає сім електромобілів (приблизно 3,5 на кожен зарядну точку). Це можна порівняти з показниками країн Європи. Як вважають експерти, підключати нові зарядні станції

складно через бюрократію,. Але найбільша проблема в тому, щовони не вигідні для бізнесу.

Проте перспективи поширення електромобілів є, й вони досить широкі, враховуючи, що будь-яке виробництво обумовлено попитом. І тут потрібно проявити максимальне розуміння проблем та любов до навколишнього середовища. PricewaterhouseCoopers вважає, що стримуючими факторами зростання ринку електромобілів є:

1. Недостатня увага до екологічного аспекту з боку держави та громадян.
2. Порівняно низька вартість бензину та дизельного палива.
3. Нерозвиненість інфраструктури через велику територію та значну протяжність доріг

Попит на електромобілі може суттєво змінитись:

- по-перше, при зростанні цін на бензин у 10 разів в країні, тобто погіршенні ситуації з вичерпними енергоресурсами (запасами нафти та газів);
- по-друге, при зниженні цін на електромобілі, яке буде можливим внаслідок технологічного прориву.

Сьогодні аналізуючи стан випуску електромобілів, можна дійти висновку, що виробники намагаються знижувати ціни на електромобілі, тобто рухаються шляхом інноваційного розвитку. Майже всі великі виробники електромобілів: Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Nissan, Renault, Toyota, Kia, Honda, BMW планують у найближчі десять років вийти на ринок або запуснути виробництво нових моделей.

За прогнозом Міжнародної енергетичної агенції, світовий парк електромобілів до 2025 року збільшиться практично у 200 разів, тобто досягне 200 млн. одиниць машин [20].

РОЗДІЛ 2

ЕКОНОМІЧНИЙ АКПЕКТ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Оцінка економічності електромобілів

Вважається, що електромобілі дорожче купувати і вони дешевші в експлуатації, ніж автомобілі на бензині. Реальність складніша. У цьому розділі ми досліджуємо економіку електромобілів через призму споживача, окремо обговорюючи три основні компоненти витрат: початкова вартість, експлуатаційні витрати та витрати на технічне обслуговування [19].

Виділяємо три основні аспекти, пов'язані з приватними перевагами володіння електромобілем.

По-перше, електромобілі продовжують покупати, не дивлячись на недолік початкової вартості, порівняно зі звичайними транспортними засобами, хоча розрив ціни між електромобілями та звичайними автомобілями зменшується, оскільки вартість батареї падає.

По-друге, для багатьох користувачів недолік високих початкових витрат компенсується економічністю операційних витрат, ступінь цієї економії різна, вона залежить від регіону та постачальниками електроенергії.

Нарешті, зародження електричних силових агрегатів означає, що дані про довгострокові витрати на технічне обслуговування електромобілів все ще відносно обмежені – довговічність батареї та витрати на заміну залишаються джерелом невизначеності вартості.

Говорячи про економічність електромобіля, потрібно брати до уваги не тільки паливний фактор, але і багато інших, у тому числі і нематеріального характеру, зокрема, враховувати економію на паливі та практичність [21].

Щоденна їзда електромобілем дійсно обходиться дешево. За нинішніх цін на електроенергію (1,68 грн. за 1 кВт·год) та середньому енергоспоживанні електрокара на рівні 20–25 кВт·год на 100 км кожна сотня пробігу коштує власнику 35–40 грн. При тому, що власнику авто з ДВС такий пробіг коштує приблизно 120–200 грн.

Але потрібно враховувати також більш високу порівняно із звичайною машиною вартість електромобіля при покупці. Для нових машин із салону різниця може бути дворазовою. Всю економію на паливі за кілька років також може легко знівелювати тягова батарея, яка має свій ресурс з пробігу та віком. Наприклад, для поширеного в Україні Nissan Leaf гарантійний термін акумулятора – 8 років та 160 тис. км від дефектів та 5 років та 96 тис. км від втрати ємності. Щоправда, після цього міняти батарею не обов'язково, вона може втратити частину своєї ємності (близько 20–30 %), отже пробіг обмежиться невеликою відстанню. Нова батарея для електромобіля коштує близько 5000-8000 дол. США. Проте кажучи, однозначної економічної переваги за електромобілем немає, але й збитковим його в більшості випадків не назвеш.

За оцінками фахівців, у середньому його рентабельність – на межі «так» і «ні». Тобто кожен потенційний власник електромобіля повинен розраховувати доцільність покупки, виходячи із власних даних: бюджету, умов експлуатації, режиму поїздок до конкретних маршрутів.

Звичайно, їздити на електромобілі модно, але потрібно бути готовим до певних труднощів. Постійно доведеться думати про те, де і як зарядитися. Або – гірше за те: чи вдасться повернутися додому своїм ходом? Ці розрахунки будуть не такі прості, як може здатися.

Паспортний пробіг сучасних електромобілів становить 150–250 км, але в повсякденній експлуатації цю цифру потрібно скорочувати приблизно на третину, оскільки офіційні тестові режими від реального життя далекі. Ще близько третини

паспортного пробігу з'їдає обігрівач у зимовий час, приблизно стільки ж – кондиціонер улітку, а мороз нижче -15°C може відібрати одразу до половини паспортної ємності. Так і виходить, що проїхати 100 км на день на сучасному електромобілі – межа мрій для мешканця великого міста, навіть у літній період. Адже зарядних станцій на кожному паркуванні у нас поки що не спостерігається, і навіть подовжувач не з кожного офісу дозволять протягнути.

З погляду практичності в наших умовах електромобіль може бути лише як специфічний транспорт вузького призначення. Наприклад, для коротких поїздок у межах невеликого населеного пункту. Також легше експлуатувати електрокар буде мешканцю приватного будинку, де простіше облаштувати власну зарядну станцію та теплий гараж. Втім, заперечувати користь, а головне – економічну вигоду електрокарів безумовно недоцільно (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Вигода від експлуатації електромобіля

Показники	Бензин (А-95) 24,6 грн/л	Електроенергія, тариф 168 коп./кВт
Ціна заправки на 100 км	162,36 грн.	30,24 грн.
Економія на 100 км		132,12 грн.
Термін окупності різниці в ціні нових машин		334 544 км
Термін окупності різниці в ціні б/в машин		39 358 км
Термін окупності заміни батареї на нову (\$5500)		108 234 км
Термін окупності заміни батареї на б/в (\$1500)		29 518 км

2.2 Попередня вартість

Електромобіль – це транспортний засіб, який приводиться в рух електричним двигуном і призначений для перевезення людей, вантажів, буксирування причепів та транспортних засобів, виконання різного виду робіт та послуг. На сьогоднішній день електромобілі ще не створюють серйозну конкуренцію бензиновим та дизельним автомобілям через те, що мають високу вартість, невеликі відстані пробігу, відсутність сучасних швидкісних електричних заправних станцій. Але з кожним роком завдяки розвитку інноваційних технологій існуючі недоліки невілюються.

Порівняно з звичайними автомобілями електромобілі мають велику вартість виробництва через потребу в дорогому акумуляторі замість дешевого бензинового бака. Ціна цього компонента в середньому становить близько чверті загальної вартості транспортного засобу. Саме тому вона відчутно впливає як на собівартість, так і на кінцеву ціну від виробника.

Й хоча вартість батареї значно впала за минуле десятиліття, електромобілі залишаються дорожчими у виробництві, ніж аналогічні звичайні транспортні засоби. За даними Bloomberg New Energy Finance, ціни на літій-іонні акумулятори за 2010-2018 роки впали на 85% [8]. Так, у 2010 році вартість акумуляторної батареї для електромобіля становила понад 1 000 дол. США за кіловат-годину – у 2019 році ця цифра впала в кілька разів: до 150 дол. США за такий же обсяг. Завдання автомобільної промисловості полягає в тому, щоб визначити, яким ще чином, крім цього, можна додатково знизити вартість електромобіля.

Дослідники виявили розбіжності щодо конкретної дати, коли електромобілі можуть досягти паритету витрат із двигунами внутрішнього згорання (очікувана ціна близько 90 дол. США за кВт-год). Проте, незважаючи на численні оцінки щодо запропонованих цін протягом наступних десяти років, багато учасників

галузі сумніваються щодо вартості та діапазону років, коли це стане можливим із поточним рівнем технологій [8].

Сьогодні основне завдання виробників – знизити вартість на акумуляторні батареї спочатку до 100 доларів за кіловат-годину, а потім і до менш ніж 80 доларів за одиницю ємності. У цьому разі вартість електромобіля має досягнути рівня, меншого ніж ціна будь-якого порівнянного автомобіля з ДВЗ.

Для прогнозування ситуації, коли відбудеться зрівняння вартості електромобілів і автомобілів з двигуном внутрішнього згорання, проводиться економічний аналіз з врахуванням низки змінних вартості виробництва:

- конструкція;
- матеріали;
- трудові ресурси;
- виробничі ресурси;
- потужність;
- попит.

Група з Університету Карнегі-Меллона розробила відповідну модель витрат на акумулятори, яка враховує всі аспекти виробництва блоків для електромобілів.

З'ясувалося, що найбільша витратна частина в загальній вартості акумулятора, яка досягає більш ніж 50% - це матеріали. Тобто найбільш важливим нововведенням в структурі ціни є саме інновації, пов'язані з матеріалами [22].

В обмін на вищі початкові витрати електромобілі пропонують інший набір атрибутів. Деяким з цих відмінностей можуть віддавати перевагу споживачі і це відображається в їх готовності платити надбавку за електромобіль.

Наприклад, електромобілі пропонують чудове прискорення, причому порівняно зі звичайними автомобілями роблять це більш плавно, оскільки немає передач, і тихо через відсутність двигуна внутрішнього згорання. З іншого боку,

обмеження батареї вводять деякі непривабливі особливості електромобілів порівняно з їхніми аналогами. Запас ходу електромобілів зазвичай становить нижче, ніж діапазон, який пропонують звичайні автомобілі, що обмежує його корисність для певних транспортних потреб (наприклад, тривалі подорожі).

Акумуляторам потрібно більше часу для зарядки, ніж для заповнення бензобака, навіть із передовими технологіями швидкої зарядки. Нинішні незручності заправки під час поїздки можуть бути дещо компенсовані перевагою можливості підзарядки вдома для споживачів, які мають доступ до інфраструктури домашньої зарядки. Насправді бажання підвищити гнучкість електромобілів у тривалих поїздках частково компенсують зниження витрат на акумулятор, оскільки автовиробники збільшують кількість транспортних засобів з великою ємністю акумулятора для збільшення дальності їзди. І може знадобитися серйозне покращення швидкості заряджання, що виходить за рамки сучасних технологій акумуляторних батарей.

Для деяких споживачів новизна може означати невизначеність про вартість перепродажу, термін служби батареї та витрати на заміну, або наявність поточного технічного обслуговування в майбутньому для моделей, які можуть більше не існувати [10]. Щодо електромобілів, зазвичай доступний обмежений вибір варіантів дизайну, що також може призвести до поганої відповідності смакам деяких споживачів, що змушує їх обирати електромобілі з неоптимальним набором атрибутів, або звичайні автомобілі.

Різниця авансових витрат призводить до фундаментальних політичних проблем. Амбітні прагнення до впровадження електромобілів гальмуються тим фактом, що електромобілі коштують дорожче, на що є стандартна відповідь. Деякі держави надають субсидії для наближення цін на електромобілі до цін звичайних транспортних засобів.

2.3 Вартість використання

Поряд з вартістю самого автомобіля, споживач при виборі транспортного засобу обов'язково враховує вартість експлуатації та обслуговування. Порівняння експлуатаційних витрат одного з найпопулярніших електромобілів (Volkswagen e-Golf) з його традиційним аналогом (Volkswagen Golf) наведено в Табл. 2.2.

Табл.2.2

Порівняльний аналіз собівартості експлуатації традиційного автомобіля з електромобілем в міських умовах

Характеристики	Volkswagen Golf (ДВС)	Volkswagen e-Golf (Електромобіль)
Вартість автомобіля	~360-540 тис грн..	~900 тис грн. (з субсид.)
Технічне обслуговування на рік	5-7 тис грн.	2 тис грн.
Споживання палива на 100 км	5 л	12,7 кВт/год. (~1,4 л)
Витрати на паливо на 100 км	90 грн.	7-23 грн.
Витрати на паливо на рік (10-20 тис км/рік)	9-18 тис грн.	0,7-5 тис грн.
Загальні витрати на ТО та паливо на рік	14-25 тис грн.	3-6 тис грн.

За оцінками, питома витрата палива (у перерахунку кВт-год в л) у електромобіля приблизно в 4 рази нижче, ніж у автомобіля з ДВЗ. Також немає необхідності в заміні різноманітних олій [10].

Виходячи із розрахунків за даними табл. 2.2, можна побачити, що щорічні витрати на експлуатацію електромобіля від 2,5 (якщо міняти акумуляторну

батарею) до 6 разів менше, ніж витрати на автомобіль із ДВС. Заміна батареї на даний момент є досить рідкісним явищем, тому що вони достатньо повільно деградують, зберігаючи приблизно 80% початкової ємності після 5 років експлуатації. У автомобілів Tesla цей показник значно вище за той же період експлуатації, понад 90%.

"Окупність" електромобіля при заданих у табл. 2.2 параметрах досягається за десятки років. Отже, для українського споживача ціна на новий електромобіль залишається непомірною, а економія від палива не покриває різницю в ціні на автомобіль. При цьому при покупці електромобіля на вторинному ринку економія настає значно швидше.

2.4 Технічне обслуговування

Електромобілі мають менше рухомих частин, ніж транспортні засоби, що працюють на двигуні внутрішнього згоряння. Як наслідок, загальноприйнята думка полягає в тому, що власники електромобілів отримують менші регулярні витрати на технічне обслуговування [18].

Покупець, який дивиться на майбутнє, раціонально включив би цю перевагу при вирішенні своєї покупки. Проте коротка історія електромобілів обмежує наш досвід щодо витрат на технічне обслуговування, особливо якщо розглядати більші, дискретні витрати на технічне обслуговування, які найімовірніше виникнуть у міру старіння транспортного засобу. Існує кілька статей, які описують відмінності між електромобілем та звичайним автомобілем у коштах, але кількісні аспекти цих досліджень, що стосуються технічного обслуговування, мабуть, є або суто на основі припущень, або на основі посилань, в яких не змогли відстежити першоджерело. Замість цього ми описуємо якісні відмінності в

поточних витратах на технічне обслуговування перед тим, як представити нові дані з останніх, але недосконалих джерел.

Існує три основні категорії поточних витрат на технічне обслуговування автомобілів: витрати, не пов'язані з технологією двигуна, поточне технічне обслуговування двигуна та/або трансмісії та заміна основних компонентів [12].

Перша категорія включає поточні витрати на технічне обслуговування, такі як страхування, заміна шини, ремонт електронної системи, кузовні роботи в результаті впливу навколишнього середовища (наприклад, сіль в зимовий час). Ми не бачимо причин, чому ці витрати відрізнялися б залежно від типу двигуна.

Але дві інші категорії витрат на технічне обслуговування будуть відрізнятися. Для ДВС, постійне технічне обслуговування двигуна, пов'язане з внутрішнім згорянням, є важливим. Масло та фільтри потрібно міняти разом зі свічками запалювання та іншими компонентами в системі запалювання. Простота електрики - трансмісія усуває ці витрати [19].

Останню категорію витрат – заміну основних компонентів – зазнають автомобілі з обома типами двигунів. У електромобілів є дорогі акумулятори, які потребують заміни. Поки ціна за останні роки значно знизилася, заміна батареї все ще коштує тисячі доларів.

Незалежно від того, чи платить за це власник автомобіля безпосередньо чи через гарантію виробника, це значні витрати, які є унікальними для електромобілів. З іншого боку, ДВС не мають дорогих батарей, але мають коробки передач, які з часом зношуються і потребують заміни. Крім того, наявність рекуперативного гальмування в електромобілях значно подовжує термін служби гальмівної колодки, також зменшуючи витрати на електромобілі порівняно з ДВС.

Тепер переходимо до наявних даних про витрати. Як зазначалося вище,

заміна батареї коштує багато, але з часом ціна зменшуються. На даний момент пакетна ціна за кВт-год становить приблизно \$150. За такою ціною акумулятор ємністю 30 кВт/год (приблизно розміром з акумулятор Nissan Leaf) буде коштувати 4500 доларів, а батарея Tesla Model 3 на 75 кВт/год коштуватиме 11 250 доларів. Відновлення коробки передач, витрати на заміну в діапазоні від 1100 до 3400 доларів США. Це, безсумнівно, вище для люксових брендів.

Справа в тому, що заміна трансмісії коштує приблизно стільки ж, як і а заміна акумулятора може коштувати водіям електромобілів через кілька років.

Що говорять докази про загальні витрати? Загальні відносні витрати на технічне обслуговування електромобілів та звичайних автомобілів з огляду споживчих витрат. На CES 2018 року є лише 23 електромобілі 2013 модельного року або пізнішої, порівняно з понад 23 000 ДВС. За перші п'ять років володіння цими автомобілями, ДВС та електромобілі мали статистично нерозрізнені середні витрати на технічне обслуговування 200 і 224 дол. США відповідно. Хоча ця статистика не збігається з загальноприйнятою думкою, вона є з найкращого доступного джерела [13].

Більше того, вибірка, яка відповідає за витрати на технічне обслуговування ДВС, є великою та ці цифри можна вважати достовірними. Вони також невеликі за величиною, особливо порівняно з витратами на паливо та електроенергію. Навіть якби електромобілі вдвічі зменшили витрати на технічне обслуговування, ДВС це заощадило б водіям лише 100 дол. США на рік. Нарешті, ці сукупні статистичні дані закриваються інформація про інтенсивність використання. Електромобілі їздять значно менше, ніж ДВС, і можна розглядати витрати на технічне обслуговування на основі км як більш релевантні, ніж витрати на технічне обслуговування в рік.

А зараз декілька слів щодо заряду акумулятора електромобіля. Ємність батареї будь-якого електромобіля вимірюється в кіловат-годинах (кВт·год).

Наприклад, у Tesla Model X Long Range відповідний показник дорівнює 100 кВт · год. Тобто її батарея здатна видавати потужність 100 кВт протягом однієї години або 1 кВт протягом ста годин.

Електромобіль можна заряджати від стандартної європейської розетки з номінальною напругою 220 вольт. Проте у виділеній під зарядку електромобіля станції є переваги у швидкості та безпеці.

Як розрахувати час заряджання електромобіля? Візьмемо як приклад батарею Tesla Model S 75D, ємність якої становить 75 кВт·год. Для повної зарядки протягом години необхідно подавати потужність 75 кВт, для зарядки протягом п'яти годин - 15 кВт. Максимальну потужність зарядного пристрою можна розрахувати за формулою

$$\text{Вольти} \times \text{Амperi} = \text{Ватти}$$

Тобто батарея електромобіля ємністю 75 кВт·год зарядиться:

- від стандартної побутової європейської розетки за ≈ 21 год (напруга 220 вольт та сила струму 16 ампер);
- від Tesla Wall Connector за ≈ 4 години (час залежить від можливостей мережі та наявності в автомобілі опції Dual Charger);
- від зарядних станцій з потужністю струму 22 кВт за ≈ 3 години (KEBA, ABL, Schneider Electric);
- від Supercharger або ChaDeMo за $\approx 1,5$ години.

Насправді швидкість заряджання може бути нерівномірною і час може відрізнятися, але загалом час заряджання розраховується за формулою

$$\text{Ємність батареї (кВт·ч)} / \text{Потужність зарядного пристрою (кВт)} = \text{Час зарядки (ч)}.$$

Побутові розетки з напругою 220 В використовують однофазний струм. У квартирах трифазна розетка з міжфазною напругою 380 В найчастіше використовується для підключення плити. Трифазна розетка має напругу вище, ніж у однофазній. Це означає, що максимальна потужність підключених пристроїв

збільшується з 3,5 кВт до 10,5 кВт (за тієї ж сили струму в 16А). АЗС, автомийки, паркування, готелі використовують трифазні розетки. А це означає, що електромобіль заряджатиметься втричі швидше.

Європейські Tesla відразу готові до зарядки від трифазних розеток із силою струму 16А: у комплект входять Mobile Connector та два перехідники [14].

Швидкість заряджання електромобіля залежить від потужності зарядної станції (і бортового зарядного пристрою самого електромобіля). Зараз найпоширенішим стандартом потужності стають зарядні пристрої на 100 кВт та вище, до надпотужних зарядних станцій на 350 кВт. Зарядні станції з подібною потужністю в середньому заряджають електромобіль до 80% ємності акумулятора за 20-30 хвилин, що не довше заправки автомобіля бензином.

Щодо великогабаритного транспорту, то у світі транспортних засобів великої вантажопідйомності йде процес стандартизації зарядки до загальноприйнятої потужності 1 МВт, щоб забезпечити високошвидкісну зарядку для електричних автобусів та вантажівок. Коли це буде реалізовано, така вантажівка як Tesla Semi із запасом ходу 800 км може легко зарядитися до 80% ємності батарею також лише за 30 хвилин.

2.5 Порівняння енергоефективності різних автомобілів

Порівняння енергоефективності різних автомобілів з двигуном внутрішнього згорання здійснюється досить легко. Зіставляються питомі витрати палива транспортних засобів, тобто витрати палива на 1 км. Але для порівняння електромобілів та автомобілів з двигуном внутрішнього згорання, бензин та електрика повинні бути переведені до первинних енергетичних термінів – наприклад, сира нафта для автомобілів з двигуном внутрішнього згорання та вугілля для виробництва електроенергії на вугільних електростанціях. Крім того,

виникають труднощі при перетворенні електрики в первинну енергію для різних видів корисних копалин [11].

Для виробництва теплової енергії на атомних або геотермальних електростанціях первинна енергія завжди розраховується на основі теплової енергії, що використовується для вироблення електроенергії, як і на електростанціях, що працюють на викопне паливо.

Для нетеплової відновлюваної електрики, такої як електрика, що виробляється гідроелектростанціями або вітровими турбінами, різні органи влади використовують різні методи перетворення. Міжнародне енергетичне агентство перетворює гідроенергію, фотоелектричні елементи та енергію вітру у співвідношенні 1:1. На відміну від цього, ВР перетворює гідроелектроенергію в первинну енергію так само, як і для ядерної електроенергії – на основі теплової еквівалентної електроенергії на тепловій електростанції, припускаючи 38% ефективність перетворення на сучасній тепловій електростанції. Звідси випливає, що первинна енергоефективність, розрахована для даного електромобіля, сильно відрізнятиметься в залежності від джерела енергії, з не викопного палива.

В енергосистемі, що використовує 100% ядерної енергії, ефективність буде такою ж, як в енергосистемі, що використовує 100% гідроелектроенергії, якщо розрахувати її методом ВР, але набагато нижче, якщо використовувати метод Міжнародного енергетичного агентства. Зрозуміло, що це незадовільний результат. Це також робить розрахунки ефективності використання енергії двигуна внутрішнього згорання електричними транспортними засобами довільними для мереж, що використовують значну кількість первинної електроенергії з відновлювальних джерел енергії. Проблема може погіршитися тільки в тому випадку, якщо, як і очікувалося, енергія вітру, гідро- і, особливо, фотоелектричних елементів, буде забезпечувати все вищий відсоток світової електрики [10].

Подальше ускладнення виникає, якщо є необхідність у накопиченні енергії. Частка атомної електроенергії скорочується, і навіть Міжнародна асоціація з атомної енергії не прогнозує, що її частка значно зросте, якщо взагалі збільшиться.

Хоча на вловлювання та зберігання вуглецю значною мірою впливають сценарії Міжурядової групи експертів зі зміни клімату на пом'якшення наслідків зміни клімату, це значною мірою недоведена технологія, яка, і крім того, має високі енергетичні витрати та тривалі терміни реалізації [13].

Звідси випливає, що відновлювані джерела енергії відіграватимуть головну роль у довгостроковому пом'якшенні наслідків зміни клімату. Тим не менш, відновлювані джерела енергії з найбільшим потенціалом, вітряна та сонячна електроенергія, є переривчастими джерелами, і тому потрібна деяка форма накопичення енергії, якщо електропостачання постійно відповідатиме попиту. В даний час виробництво електроенергії із цих джерел досить мале, щоб асимілюватися в існуючі мережі (де майже вся енергія надходить від викопного палива, гідроелектростанцій та атомних станцій), але це доведеться змінити.

Акумуляування енергії, можливо з використанням енергоносіїв, таких як водень або метанол, значно знизить чисту електроенергію, доступну з даної валової енергії вітру та сонячної енергії. Таким чином, витрати на первинну енергію для електромобілів, що працюють від таких джерел, зростатимуть.

Один із запропонованих способів зменшити потребу в акумуляуванні енергії комунальними підприємствами або житловими домами – це використовувати транспортний засіб у мережу. При використанні транспортного засобу для зберігання в мережі електричні транспортні засоби будуть підключені до електричної мережі та будуть накопичувати енергію у своїх акумуляторних батареях і продавати таку накопичену електроенергію в мережу, коли попит на електроенергію перевищує пропозицію, що генерується [17].

Але такий підхід суперечитиме пропозиції про широке спільне використання автомобілів, що значно скоротить кількість автомобілів. В даний час автомобілі перебувають у шляху лише 4–5% часу. Є неминучим те, що спільно використовувані транспортні засоби тепер будуть користуватися більш інтенсивно (тобто проїжджати більше кілометрів на рік), так що час їхнього паркування також буде скорочено. Таким чином, можливості для денної зарядки та зберігання енергії в мережі будуть зменшені. Потрібна зарядка батарей у нічний час, але якщо сонячна енергія стане домінуючим джерелом енергії у майбутньому, у нічний час необхідно, щоб мережа споживала енергію від акумуляторів автомобіля, а не постачала її.

За економічністю на сьогоднішній день найменше споживання енергії має електромобілі. Середній легковий електромобіль витрачає 23,4 кВт-год енергії на 100 км пробігу, гібридний автомобіль - 57,53 кВт-год/100 км (у 2,3 рази більше, ніж електромобіль), газовий автомобіль - 82,62 кВт-год/100 км (у 3,6 рази більше, ніж електромобіль), бензиновий та дизельний легковий автомобіль - 75,24 кВт-год/100 км (у 3,4 рази більше, ніж електромобіль).

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

3.1 Існуючі дослідження впливу електромобілів на довкілля

Різні дослідження впливу електромобілів на оточуюче середовище дають різні результати.

Нещодавня наукова робота групи німецьких дослідників з аналітичного центру Інституту економічних досліджень (IFO) показала, що «електричні транспортні засоби навряд чи допоможуть скоротити викиди CO₂ в Німеччині протягом найближчих років». Це говорить про те, що в Німеччині «викиди CO₂ від акумуляторних електричних транспортних засобів у кращому випадку дещо вищі, ніж у дизельних двигунів» [11].

Це дослідження було підхоплено міжнародними ЗМІ, коли Wall Street Journal опублікував редакційну статтю під назвою «Брудні зелені автомобілі Німеччини». Це також викликало відштовхування з боку прихильників електромобілів, статтями в Jalopnik і Autoblog, а також окремими дослідниками, які спростовують ці висновки.

Інші нещодавні дослідження електромобілів у Німеччині прийшли до протилежного висновку. Одне дослідження показало, що викиди від електромобілів на 43% нижчі, ніж у дизельних транспортних засобів. Інше детально розповідає, що «у всіх розглянутих випадках електромобілі мають менший вплив на клімат, ніж автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння».

Ці відмінності випливають із припущень, якими користуються дослідники. Як розповідає Carbon Brief професор Джеремі Міхалек, директор групи з електрифікації транспортних засобів Університету Карнегі-Меллона, «яка технологія виходить на перше місце, залежить від багатьох речей». Вони

включають в себе, які конкретні транспортні засоби порівнюються, яке поєднання електроенергії передбачається, якщо використовуються граничні або середні викиди електроенергії, які моделі водіння припускаються і навіть погода.

На рис. 3.1 показано оцінку викидів протягом життєвого циклу для типового європейського звичайного автомобіля (двигун внутрішнього згоряння), гібридного звичайного автомобіля з найкращою доступною економією палива (Toyota Prius Eco, 2019 р.), а також електромобіль Nissan Leaf для різних країн, а також середній показник ЄС. Leaf був найбільш продаваним електромобілем у Європі в 2018 році [14].

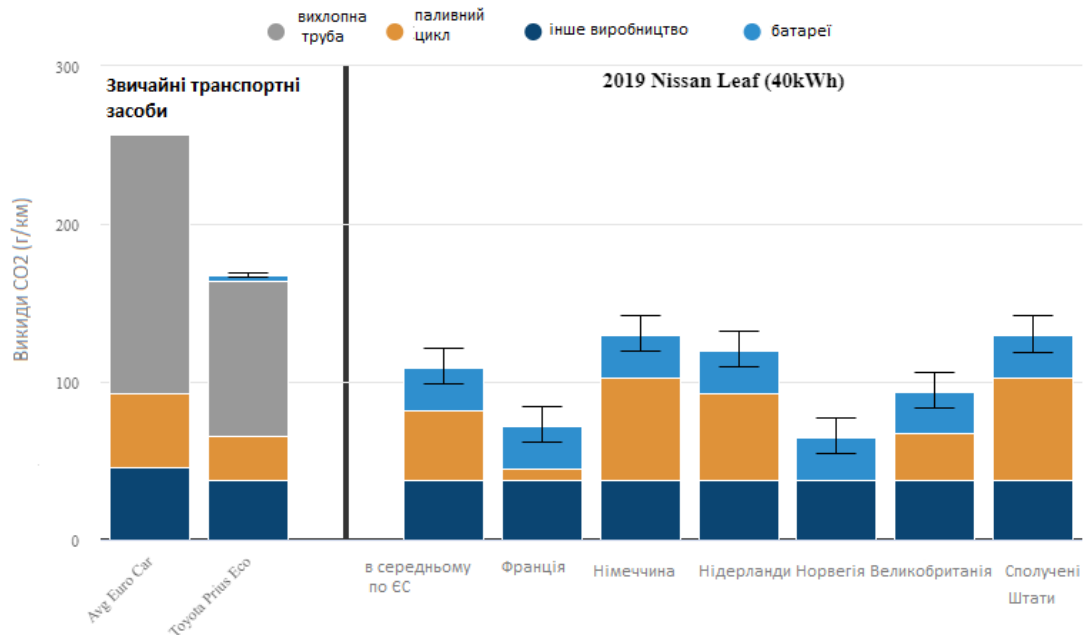


Рис.3.1. Оцінка викидів звичайного автомобілю та електромобілю Nissan Leaf для різних країн

Згідно аналізу Міжнародної ради з екологічного транспорту (ICCT), оцінка включає викиди з вихлопної труби (сірий), викиди від паливного циклу (помаранчевий), який включає видобуток нафти, транспортування, переробку та

виробництво електроенергії, викиди від виробництва компонентів автомобіля без акумулятора (темно-синій) і консервативну оцінку викидів від виробництва батареї (світло-блакитний).

Викиди парникових газів протягом життєвого циклу для звичайних та електричних транспортних засобів (за країнами) в грамах CO₂-еквівалент на кілометр, припускаючи 150 000 кілометрів пробігу протягом терміну служби автомобіля.

У більшості країн значна кількість викидів протягом терміну служби як електричних, так і звичайних транспортних засобів від експлуатації транспортних засобів – вихлопної труби та паливного циклу – а не від виробництва транспортних засобів. Виняток становлять країни – наприклад, Норвегія чи Франція – де майже вся електроенергія генерується із майже нульових джерел вуглецю, таких як гідроелектростанція чи атомна енергетика.

Однак, хоча викиди вуглецю при спалюванні галону бензину або дизельного палива неможливо зменшити, те ж саме не стосується електроенергії. Викиди за життєвий цикл електромобілів набагато менші в таких країнах, як Франція (яка отримує більшу частину електроенергії з атомної енергії) або Норвегія (з відновлюваних джерел).

Наведена вище діаграма базує викиди електричних транспортних засобів на основі поточного складу мережі в кожній країні. Однак, якщо кліматичні цілі, встановлені Паризькою угодою, будуть досягнуті, виробництво електроенергії стане значно менш вуглецевим, що ще більше збільшить переваги електромобілів над звичайними.

Наприклад, у Великобританії викиди від виробництва електроенергії впали на 38% лише за останні три роки і, як очікується, впадуть більш ніж на 70% до середини-кінця 2020-х років, що в межах терміну служби придбаних електромобілів.

Викиди, пов'язані з виробництвом акумуляторів, взяті з останньої (2019) оцінки Шведського науково-дослідного інституту навколишнього середовища IVL. Проаналізований Nissan Leaf має акумулятор ємністю 40 кіловат-год (кВт-год), тоді як Tesla Model 3 має варіанти як 50 кВт-год, так і 75 кВт-год (раніше була доступна опція 62 кВт-год, але її виробництво було припинено) [11].

На Рис.3.2 нижче показано приблизні викиди протягом життєвого циклу від моделі 3, якби акумулятор вироблявся в Азії, де значна частина електроенергії виробляється з вуглецю, як у випадку з акумуляторами Nissan Leaf. Для цього аналізу використовується модель на 75 кВт-год на великі відстані, щоб імітувати підхід у дослідженні IFO; викиди при виробництві акумуляторів від моделі середнього класу 50 кВт-год були б приблизно на третину меншими.

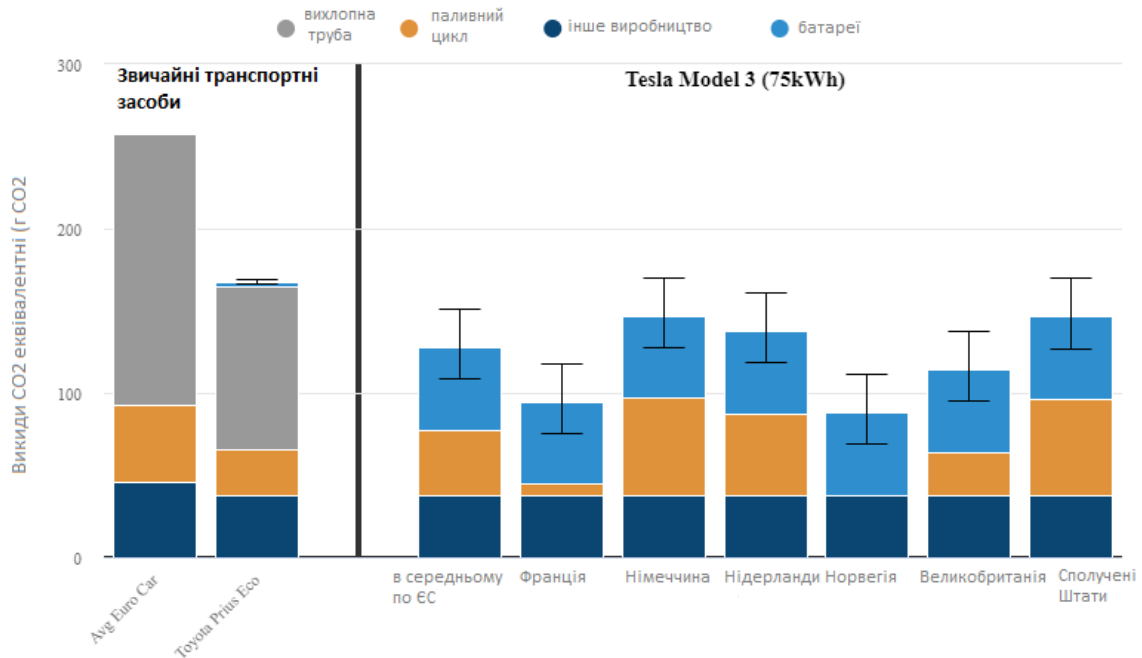


Рис.3.2. Оцінка викидів звичайного автомобілю та електромобілю Tesla Model 3 для різних країн

Викиди парникових газів протягом життєвого циклу для звичайних та електричних транспортних засобів (за країнами) в грамах CO₂-еквівалент на кілометр, припускаючи 150 000 кілометрів пробігу протягом терміну служби автомобіля. Те саме, що і на попередньому малюнку, але використовує батарею на 75 кВт*год, а не батарею на 40 кВт*год.

Згідно з цими припущеннями, Tesla Model 3 матиме вищі викиди парникових газів протягом життєвого циклу, ніж звичайний автомобіль з найкращим рейтингом у Німеччині, але все одно буде кращим для клімату, ніж середній автомобіль. В інших країнах навіть далекобійний Tesla Model 3 мав би менше викидів, ніж будь-який бензиновий автомобіль.

Однак той факт, що акумулятори Tesla фактично виробляються в штаті Невада, має важливе значення для цього розрахунку. Оцінки викидів протягом життєвого циклу для акумуляторів, вироблених в США, як правило, значно нижчі, ніж ті, що виробляються в Азії.

Близько 50% викидів протягом життєвого циклу батареї припадає на електроенергію, яка використовується при виробництві та складанні батарей, тому виробництво батарей на заводі, що працює на відновлюваних джерелах енергії – як це буде у випадку з фабрикою Tesla – істотно зменшує викиди протягом усього терміну служби. На малюнку нижче показано оцінку викидів за життєвий цикл Tesla Model 3 з батареями, виробленими на Tesla «Gigafactory», за допомогою Carbon Brief [23].

Викиди парникових газів протягом життєвого циклу для звичайних та електричних транспортних засобів (за країнами) в грамах CO₂-еквівалент на кілометр, припускаючи 150 000 кілометрів пробігу протягом терміну служби автомобіля. Те саме, що й на попередньому рисунку, але за умови, що викиди при виробництві батареї становлять 61 кг, а не 100 кг CO₂-еквіваленту на кВт-год.

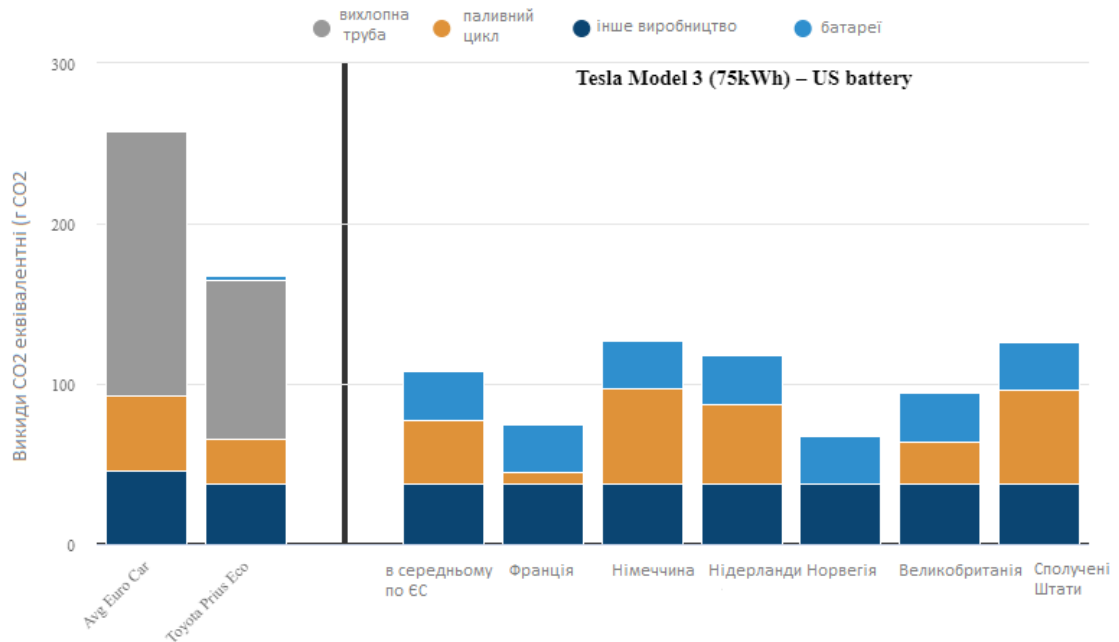


Рис.3.3 Оцінка викидів звичайного автомобілю та електромобілю Tesla Model 3 з батареєю Tesla «Gigafactory» для різних країн

Беручи до уваги умови виробництва, модель 3 з батареєю ємністю 75 кВт·год від Nevada Gigafactory призводить до значно менших викидів – і має вплив на клімат протягом життєвого циклу, подібний до оцінок Nissan Leaf.

Викиди від виробництва електроенергії також відрізнятимуться в межах країни, причому деякі регіони мають набагато більш чисті суміші виробництва (і відповідно більші кліматичні переваги для електромобілів), ніж інші.

Наведені вище цифри коригують викиди як для звичайних, так і для електричних транспортних засобів, щоб відображати реальні умови водіння, а не кількість тестових циклів. Це важливо, оскільки офіційні оцінки економії палива можуть значно відрізнятися від реальних показників, що має значний вплив на порівняння між звичайними та електричними транспортними засобами.

Аналіз на рисунках вище порівнює електромобілі та звичайні транспортні засоби протягом усього терміну їх служби, виходячи з усього 150 000 км пробігу.

Однак також можна порівняти автомобілі з часом, щоб побачити, скільки часу знадобиться, щоб погасити початковий «вуглецевий борг», що виник у результаті виробництва вуглецевої акумуляторної батареї для електромобілів.

Наприклад, як уже зазначалося вище, новий Nissan Leaf EV, куплений у Великобританії в 2019 році, матиме викиди в атмосферу протягом усього терміну служби приблизно в три рази нижчі, ніж середній новий звичайний автомобіль [24]. На рис. 3.4 показано, що, хоча батарея спричиняє вищі викиди під час виробництва автомобіля в «нульовий рік», цей надлишковий вуглецевий борг буде погашений за менш ніж два роки водіння.

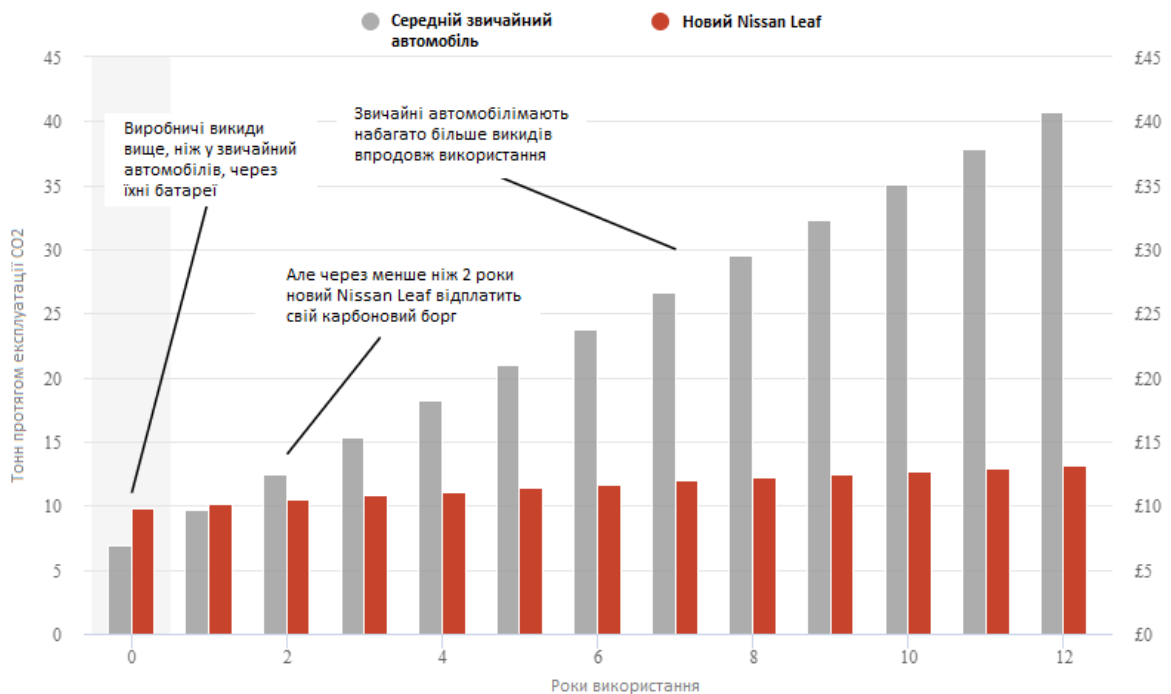


Рис.3.4 Порівняння викидів CO₂ зі звичайного нового автомобіля та нового Nissan Leaf протягом 12 років експлуатації

Сукупні викиди парникових газів для середнього нового звичайного автомобіля порівняно з новим Nissan Leaf. Цифри наведені в тоннах CO₂-еквіваленту за весь термін служби, припускаючи 150 000 кілометрів пробігу протягом 12 років. Викиди паливного циклу електромобілів на основі вуглецевої інтенсивності електроенергії у Великобританії в 2019 році за перший рік і поступове покращення до цілі 2030 року 100 г CO₂/кВт-год і далі.

Наведена вище діаграма показує, що різниця у викидах на етапі використання є відносно великою, оскільки електромобіль економить близько двох-трьох тон еквіваленту CO₂ щороку у Великобританії. (З часом цифра падає, оскільки суміш електроенергії стає чистішою) [25].

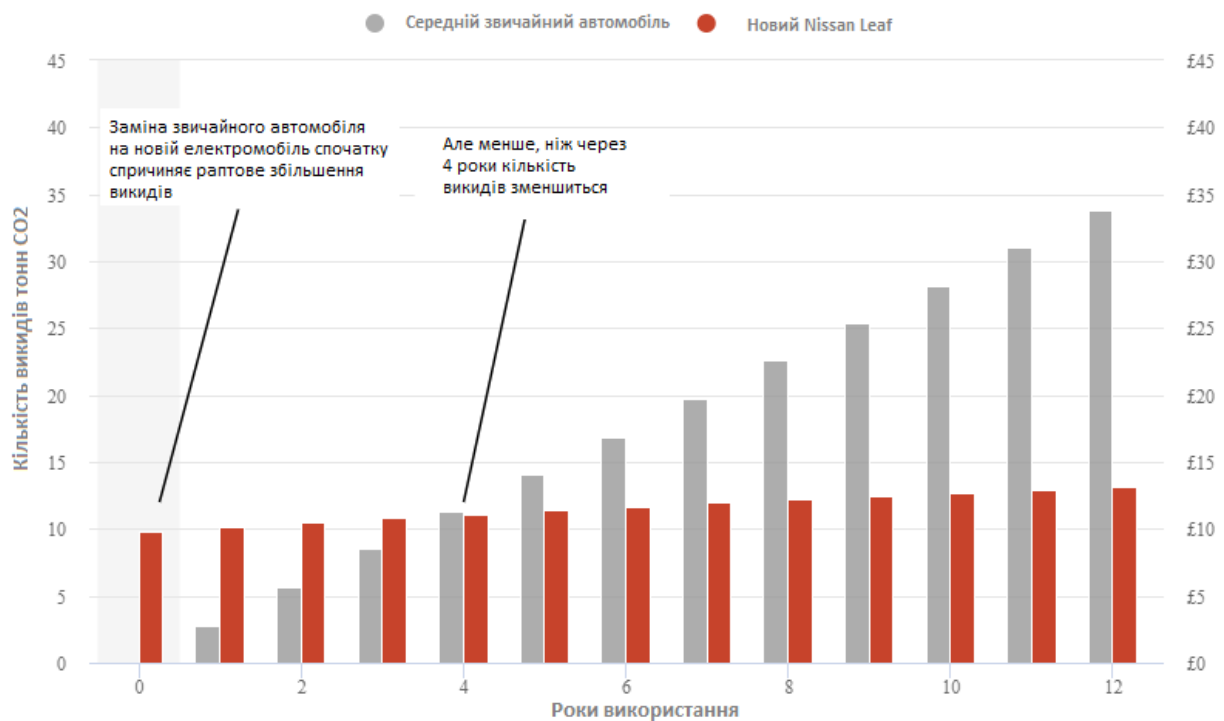


Рис.3.5 Порівняння викидів CO₂ зі звичайного автомобіля та нового Nissan Leaf протягом 12 років експлуатації

Це означає, що навіть якщо новий електромобіль замінить існуючий звичайний автомобіль, він все одно почне скорочувати викиди після менш ніж чотирьох років використання в порівнянні з продовженням експлуатації старого автомобіля, як показано на діаграмі нижче.

Сукупні викиди парникових газів для нового Nissan Leaf у порівнянні з існуючим звичайним автомобілем, причому вихід CO₂ для існуючого автомобіля вважається еквівалентним середньому новому автомобілі в 2019 році. Цифри наведені в кумулятивних тонах еквіваленту CO₂, припускаючи, що обидва автомобілі їздять 150 000 кілометрів протягом 12-річного терміну служби, протягом якого жоден транспортний засіб не замінюється, незважаючи на старший вік існуючого звичайного автомобіля. Викиди паливного циклу електромобілів на основі вуглецевої інтенсивності електроенергії у Великобританії в 2019 році за перший рік і поступове покращення до цілі 2030 року 100 г CO₂/кВт-год і далі. Це порівняння стало б ще зрозумілішим, якби не припущення, що існуючий звичайний автомобіль має викиди, рівні середньому новому. Також, слід зауважити, що наведені вище графіки кумулятивних викидів протягом терміну служби базуються на пробігу 150 000 км за 12 років, або приблизно 7 800 миль на рік [26]. Ця цифра трохи перевищує середньорічний пробіг у Великобританії, який у 2017 році впав ближче до 7100 миль. Проте навіть при такому меншому пробігу заміна існуючого звичайного автомобіля електромобілем почне скорочувати викиди протягом трохи більше чотирьох років.

3.2 Проблема оцінки економії палива

Дослідження IFO надає приклад потенційних пасток використання значень економії палива під час тестового циклу замість реальних показників. У

дослідженні порівнювали викиди за весь термін служби від Mercedes C 220 з новою Tesla Model 3, беручи до уваги викиди, пов'язані з виробництвом транспортних засобів. Було виявлено, що Tesla виробляла від 90% до 125% викидів Mercedes протягом усього терміну служби автомобіля [23].

Дослідження передбачало економію палива в 52 милі на галон для Mercedes, що значно вище, ніж споживає середній автомобіль в США (25 миль на галон для бензинових транспортних засобів), але схожий на середню економію палива у Великобританії (52 милі на галон для бензинових автомобілів і 61 миль на галон для дизельних транспортних засобів). Однак різні процедури тестування на економію палива дають зовсім різні результати.

У той час як показники економії палива США EPA, як правило, відображають реальні умови водіння, значення нового європейського циклу водіння (NEDC), які використовуються в ЄС, перебільшують фактичну економію палива автомобіля до 50% – і, можливо, навіть більше для автомобілів Mercedes [27].

Використання енергії Tesla Model 3, яке передбачалося в дослідженні (241 ват-годин на милю), навпаки, лише на 8% менше, ніж оцінки EPA щодо реального використання (260 ват-годин на милю). Використання більш реалістичних оцінок економії палива для звичайного транспортного засобу матиме великий вплив на результати аналізу ІФО, роблячи варіант EV кращим порівняно зі звичайним транспортним засобом.

3.3 Викиди від виробництва акумуляторів

І дослідження ІФО, і аналіз ІССТ спираються на однакову оцінку викидів від виробництва акумуляторів: дослідження 2017 року Шведського інституту досліджень навколишнього середовища (IVL). IVL провів дослідження,

опубліковані між 2010 і 2016 роками, і дійшов висновку, що викиди при виробництві батареї, ймовірно, становлять від 150 до 200 кг CO₂-еквіваленту на кВт/год ємності акумулятора.

Більшість досліджень, розглянутих IVL, розглядали виробництво акумуляторів в Азії, а не в США чи Європі. У дослідженні IVL також було зазначено, що технологія акумуляторів швидко розвивається і що існує великий потенціал для скорочення викидів виробництва [28].

Дослідження IVL піддалося значній критиці, а наприкінці 2019 року було суттєво переглянуто. Наразі дослідники IVL підраховали, що викиди при виробництві акумуляторів насправді становлять від 61 до 106 кг CO₂-еквіваленту на кВт-год з верхньою межею 146 кг. Найнижча оцінка в 61 кг стосується випадків, коли енергія, що використовується при виробництві акумуляторів, надходить з джерел з нульовим вмістом вуглецю.

IVL припускає, що цей перегляд був зумовлений новими даними про виробництво елементів, включаючи більш реалістичні вимірювання споживання енергії для промислових фабрик акумуляторних батарей, які за останні роки значно розширилися в масштабах і у випуску.

Carbon Brief провела власну оцінку літератури, щоб знайти нещодавно опубліковані оцінки викидів протягом життєвого циклу виробництва акумуляторів. На малюнку нижче показано дані 17 різних досліджень, у тому числі сім опублікованих після оцінки IVL у 2017 році. Він поділяє дослідження на основі регіону, в якому були вироблені батареї: Азія (червоний), Європа (світло-блакитний), США (темно-синій) та огляди, які досліджують кілька регіонів (сірі).

Огляд літератури щодо викидів парникових газів протягом життєвого циклу від виробництва літій-іонних акумуляторів, у кг CO₂-еквіваленту на кВт/год ємності акумулятора. Дослідження розфарбовано залежно від регіону, в якому були виготовлені батареї.

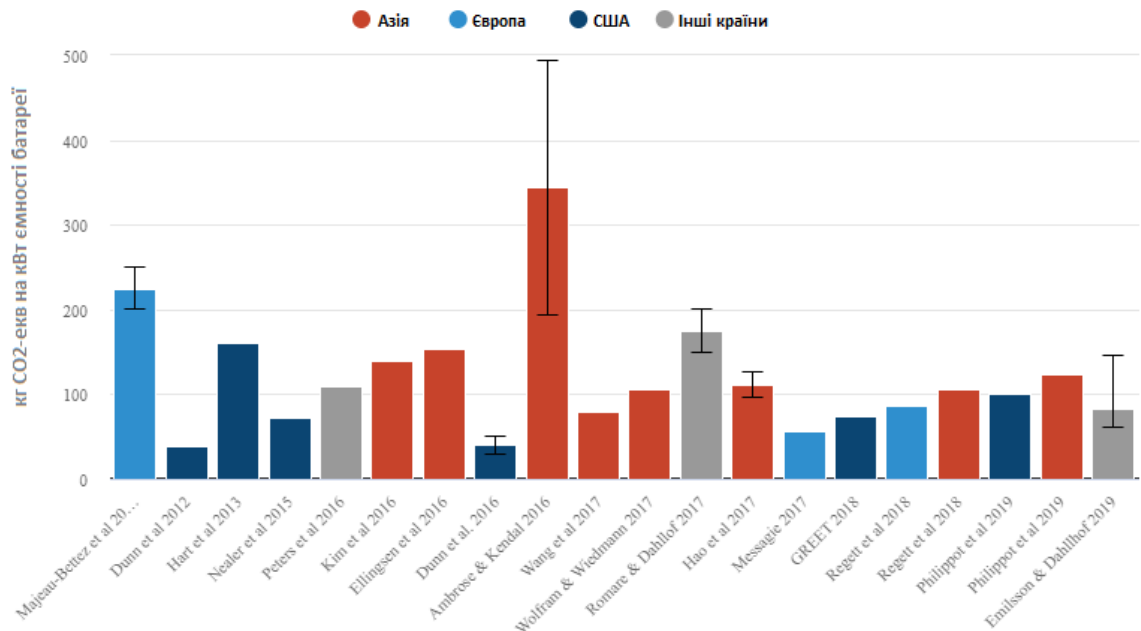


Рис.3.6. Викиди CO₂ при виробництві батареї у різних регіонах світу

Оригінальне дослідження IVL включено як планка «Romare & Dahllof 2017», тоді як переглянуте дослідження IVL включено як «Emilsson & Dahllof 2019».

Більшість досліджень, опублікованих за останні роки, показують, що викиди протягом життєвого циклу є меншими, ніж у початковому дослідженні IVL, із середнім показником близько 100 кг CO₂ на кВт-год для тих, що були опубліковані після 2017 року. Ці нові оцінки добре узгоджуються з переглянутими цифрами дослідження IVL 2019 року. Оцінки викидів від виробництва, як правило, вищі в Азії, ніж у Європі чи США, що відображає широке використання вугілля для виробництва електроенергії в регіоні. Дослідження, які безпосередньо порівнювали батареї, вироблені в Азії, з

акумуляторами в США або Європі, показали, що викиди протягом життєвого циклу за межами Азії приблизно на 20% нижчі.

Низка досліджень аналізує викиди в гірничодобувну, нафтопереробну та інше виробництво матеріалів, яке відбувається за межами підприємства, а також фактичний виробничий процес, де збирається акумулятор. Вони, як правило, виявляють, що близько половини викидів протягом життєвого циклу є результатом виробництва матеріалів за межами підприємства, а половина — від електроенергії, що використовується у виробничому процесі. Це показано в таблиці 3.1, взятій зі звіту IVL за 2017 рік, у якому розглядаються викиди CO₂ протягом життєвого циклу за компонентами та стадіями виробництва батареї.

Табл. 3.1

Викиди протягом життєвого циклу за компонентами та стадіями
виробництва батареї

Компоненти	Викиди кг CO ₂ -екв/кВт батареї		
	Видобуток корисних копалин сировини та заправлення	Виробництво матеріалу для батареї	Виробництво (компоненти для корпусу і збору батареї)
Анод	2-11	7-25	
Катод	7-08	13-20(90) ^{c)}	
Електроліти	4.00	4-13	
Сепаратор	< 0.5	Приблизно 1	
Корпус датчика	< 0.1	Приблизно 1	
Корпус акумулятора	4-13	10-25	
Охолодження	0-3	2-6	
BMS	< 1	4-30	
Усього	18-50	48-121	20-110
Найімовірніше значення		60-70	70-110

Як зазначає дослідження IVL: «Значна частину впливу припадає на стадію виробництва, тобто місце виробництва та/або комбінація електроенергії мають великий потенціал для впливу на результати». Це важливий фактор, який слід враховувати під час оцінки викидів від виробництва акумуляторів на гігафабриці Tesla в Неваді, де виробляються всі батареї, які зараз використовуються в автомобілях Model 3.

Невада, де розташована гігафабрика Tesla, використовує електроенергію, яка в середньому приблизно на 30% нижча за інтенсивністю вуглецю, ніж середня в США, оскільки штат поступово припинив виробництво електроенергії на основі вугілля за останні два десятиліття.

Tesla нещодавно розпочала будівництво найбільшого в світі сонячного даху на вершині своєї гігафабрики, який у поєднанні з акумулятором має забезпечувати майже всю електроенергію, що використовується об'єктом.

Гігафабрика також була побудована з акцентом на енергоефективність, використовуючи повторне використання матеріалів, коли це можливо. Однак незрозуміло, яке фактичне споживання енергії та викиди, пов'язані з виробництвом акумуляторів на місці, оскільки Tesla дані не оприлюднені.

Враховуючи оцінки викидів протягом життєвого циклу виробництва, проведені за останні роки – і розташування виробничого об'єкта в державі з відносно низьковуглецевим комплексом виробництва електроенергії – Carbon Brief надає оцінку 61 кг CO₂-еквіваленту на кВт-год на основі переглянутого IVL дослідження.

Це дуже схоже на недавню оцінку виробництва акумуляторів у Німеччині, проведеною Дослідницьким центром економіки енергетики (FFE). FFE виявив, що якби батареї вироблялися з використанням відновлюваної енергії, як планує Гігафабрика в Неваді, викиди знизилися б до 62 кг CO₂-еквіваленту на кВт-год.

3.4 Умови генерації електроенергії для електромобілів

Кліматичні переваги електромобілів залежать не тільки від країни, де електромобілі використовуються, а й від регіону країни, в якому вони використовуються. Наприклад, у США існує велика різниця в способах виробництва електроенергії, причому набагато чистіше електроенергії в таких місцях, як Каліфорнія або Нью-Йорк, ніж у середніх частинах країни [29].

Важливим також є те, як розраховуються викиди від виробництва електроенергії. Незважаючи на те, що проведено багато аналізів, найчастіше використовують середні показники викидів від виробництва електроенергії. На думку представників компанії Carbon Brief, використання цих значень може привести до дещо оманливих результатів.

Точніше було б використовувати граничні викиди. Це відображає викиди від електростанцій, включених для задоволення нових потреб від зарядки електромобілів. Деякі електростанції, такі як атомні, гідро-, вітряні та сонячні електростанції, як правило, використовуються повністю і не змінять потужність виробництва, якщо ви купите електромобіль. Що змінюється, принаймні в короткостроковій перспективі, це насамперед те, що вугільні та газові електростанції збільшать виробництво у відповідь на це нове навантаження.

Граничні викиди – це щось на кшталт короткострокової оцінки впливу EV. Оскільки до електромережі додається попит від більшої кількості електромобілів, ресурси газу та вугілля, які зараз не використовуються, можуть збільшити їх виробництво, але в довгостроковій перспективі з'являться додаткові джерела генерації.

Вплив використання електромобілів на майбутнє будівництво електростанцій є сферою активних досліджень.

У 2016 році компанія Carbon Brief опублікували статтю в Environmental Research Letters, в якій враховували цілу низку факторів, включаючи граничну мережу, температуру навколишнього середовища, модель пройдених миль та умови руху (місто проти шосе), щоб зробити найточніше можливе порівняння між електромобілем і подібними звичайними транспортними засобами на той час [30].

На Рис. нижче показано їх результати. У лівій колонці найефективніший бензиновий автомобіль – Toyota Prius – порівнюють з одним повністю електричним транспортним засобом – Nissan Leaf – та двома електричними гібридними транспортними засобами, що підключаються, – Chevrolet Volt та Toyota Prius Plug-in Hybrid. Права колонка показує той самий аналіз, але для типового звичайного транспортного засобу такого ж розміру – Mazda 3. Кожен округ країни пофарбований в червоний колір, якщо бензиновий автомобіль має менші викиди, і синій, якщо електричний автомобіль має менші викиди.

Вони виявили, що Nissan Leaf EV значно кращий, ніж подібний типовий звичайний автомобіль за межами Середнього Заходу, які значною мірою залежать від вугілля для граничних викидів. Проте, якщо порівнювати з найбільш ефективним звичайним транспортним засобом, переваги електромобіля для клімату були майже нульовими або негативними у великих частинах країни.

У цьому дослідженні досліджується поточне поєднання виробництва електроенергії, яке, ймовірно, стане менш вуглецевим протягом усього терміну служби транспортних засобів, які працюють сьогодні. Однак автори застерігають, що зв'язок між середнім скороченням викидів і граничним скороченням викидів не завжди є чітким. Оскільки граничні викиди надходять в основному від електростанцій, що працюють на викопному паливі, скорочення викидів для зарядки електромобілів відбуватиметься в основному, коли газ замінює вугілля на межі або коли широке впровадження електромобілів вимагає підключення нових низьковуглецевих потужностей для виробництва електроенергії в режимі онлайн

для задоволення попиту.

І в США, і в Європі електромобілі значно скорочують викиди парникових газів протягом життєвого циклу порівняно з середнім звичайним транспортним засобом. Це є постійним висновком у переважній більшості досліджень, розглянутих Carbon Brief.

Однак електромобілі наразі не є панацеєю від зміни клімату. Викиди від електромобілів протягом життєвого циклу можуть бути подібними або навіть більшими, ніж у найбільш ефективних бензинових або дизельних транспортних засобів. Й оскільки виробництво електроенергії стає менш вуглецевим – практично у всіх випадках електромобілі стануть кращими у порівнянні з усіма звичайними транспортними засобами. Існують фундаментальні обмеження щодо того, наскільки ефективними можуть бути бензинові та дизельні транспортні засоби, тоді як електроенергія з низьким вмістом вуглецю та підвищена ефективність виробництва акумуляторів можуть скоротити значну частину виробничих викидів і майже всі викиди електромобілів, що споживають електроенергію [31].

Перехід від звичайних бензинових і дизельних транспортних засобів до електромобілів відіграє велику роль у обмеженні потепління для досягнення цілей Паризької угоди. Однак ефективність залежить від швидкої декарбонізації виробництва електроенергії. Якщо країни не замінять вугілля і, в меншій мірі, газ, то електромобілі все одно залишаться далекими від «нульових викидів».

Важливо відзначити, що ключ до контролю кліматичних змін значною мірою залежить від розвитку технологій. Тому важливо знайти стійкі шляхи та засоби виробництва енергії та задоволення транспортного попиту. Як було сказано раніше, наближається епоха електромобілів, і ми повинні знайти нові й ефективні способи втілення цієї технології. Електромобілі працюють шляхом підключення невеликого генератора до акумуляторної батареї. Незважаючи на те,

що вольтовий акумулятор є передовим, також є й інші досягнення (наприклад, високопродуктивні літій-іонні батареї), які забезпечують ширший діапазон і потребують для перезарядки меншого часу та живляться від звичайних настінних розеток.

Для того, щоб удосконалювати електромобілі, треба удосконалювати їх конструкції. Перш за все, повинно забезпечити стійкі джерела енергії, а електромобілі можуть використовувати енергію, одержану з поновлюваних джерел енергії, зокрема, сонячну. Для забезпечення стабільності електромережі має бути дуже багато різних типів електромобілів. Це має включати автомобілі, що підключаються, акумуляторні автомобілі та автомобілі з водневими елементами. Автомобіль з водневим двигуном є найбільш екологічним, оскільки він виробляє менше викидів у навколишнє середовище. У цьому типі автомобілів акумулятор живиться від зовнішнього джерела водню.

Путрус та ін. з іншого боку, стверджує, що ці різні типи електромобілів зможуть отримувати енергію від різних джерел, стабілізуючи тим самим існуючу електромережу [32]. Різні джерела енергії, такі як вітер, сонячна та ядерна енергія, які не містять викидів вуглекислого газу, можуть подаватись безпосередньо в мережу, яка може заряджати батареї. Інші джерела енергії також можуть бути використані для розщеплення води на гідроксильні та водневі іони. Потім водень використовується для живлення водневого елемента.

На думку Путруса та ін., необхідно збільшити потужність накопичувачів енергії в автомобілях. Це також відіграє дуже важливу роль у стабілізації електричної мережі. Нові моделі мають бути сконструйовані таким чином, щоб вони не тільки отримували електроенергію з мережі, але й коли вони стояли на стоянці, їх слід підключати, щоб подавати додаткову енергію назад в електричну мережу, коли є високий попит на електроенергію. Тепер автомобілі стануть частиною загальної електромережі. Цим автомобілем також слід керувати

дистанційно й ефективно, щоб оптимізувати час підзарядки від електромережі та повернення до електромережі. Збільшення ємності зберігання також допоможе зменшити проблеми із зарядкою [32].

Це дозволить людям подорожувати на більші відстані та уникнути будівництва численних зарядних станцій (Chris & Masrur). Автомобілі також мають бути розроблені як розумні автомобілі з датчиками та системами зв'язку між транспортними засобами. Ця система допоможе запобігти зіткненням, маршрутизації руху і може бути розроблена для виявлення забруднення та вжиття заходів для його зменшення. Інтеграція силових систем транспортних засобів та інформаційних технологій допоможе запровадити нові заходи безпеки, обслуговування, а також зручності.

Для того, щоб представити цю нову технологію світові, як приватному, так і державному секторам доведеться працювати разом. Сюди входять компанії з виробництва автомобілів, комунальні підприємства, компанії-постачальники мереж, будівельники доріг та уряд. Цей сектор повинен знайти спосіб співпраці та конкуренції один з одним для досягнення цієї мети. Уряд також повинен виділяти більше фінансування для розвитку цих екологічно чистих автомобілів. Швидкість зміни клімату у світі має стати шансом для глобальної співпраці та мозкового штурму щодо технологій, які є стійкими для навколишнього середовища. Через державно-приватне партнерство та передові інженерні ідеї можливо здійснити перехід до стійких технологій у всьому світі.

РОЗДІЛ 4

SWOT-АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

Сьогодні вже немає необхідності обирати між економічним зростанням та захистом навколишнього середовища, тому що досягти цих цілей можна одночасно. “Озеленення” та декарбонізація економіки дозволяють забезпечити сталість, створити додаткові економічні можливості завдяки ефективному екологічному управлінню, посилити конкурентоспроможність на світових ринках, знизити витрати, пов’язані з погіршенням стану навколишнього середовища.

Важливою складовою кліматично нейтральної економіки на даному етапі суспільного розвитку є електромобільність. Необхідність здійснення комплексного оцінювання всіх чинників впливу зовнішнього та внутрішнього середовища для визначення можливостей та перспектив підвищення електромобільності в Україні є умовою розробки відповідної стратегії, підґрунтям до якої є SWOT-аналіз (Рис. 4.1).

При розгляді сильних сторін процесу електромобільності з’ясовано, що використання електромобілів замість автомобілів з ДВС зменшує забруднення повітря у містах. Традиційні автомобілі, навіть із високоякісним нафтовим паливом викидають безліч забруднюючих речовин. А електромобілі при експлуатації не мають викидів. Викиди, які утворюються у зв’язку з генерацією електроенергії, в основному залишаються поза містами і розпоршуються на суттєво більшу висоту, що краще для здоров’я населення.

Електромотор з розрахунком втрат при зарядці має ефективність порядку 85-90% потрібної з мережі електроенергії, що в 3 рази вище за ККД двигуна внутрішнього згоряння, що становить близько 30-35%. При цьому, якщо враховувати втрати при нафтопереробці та генерації та передачі електроенергії, то

за витратами енергії ці технології в цілому співставні. Але для різних країн та регіонів світу цей баланс різний залежно від структури генерації електроенергії.

Електромобіль через специфіку руху у містах більше ефективний у плані використання енергії, ніж традиційні автомобілі, так як менше втрат з частими зупинками або повільною їздою.

Електроенергія в середньому дешевша за бензин і коливання ціни на неї незначні, у порівнянні з цінами на моторне паливо з нафти. Електромобіль з тими ж характеристиками витратить в рази менше палива. В результаті в залежності від країни та джерела енергії паливні витрати у електромобіля можуть бути від 3 до 10 разів нижчими.

Звичайна машина з ДВС має близько 10 000 рухомих частин та деталей. У електромобілях їх 1000-2000. Механіка частин електромобіля значно простіше і, відповідно, зніс деталей малий, а витрати на це низькі. Так, через мале зношування і простоту обслуговування компанія Tesla на початку свого розвитку давала гарантію на нескінченний пробіг.

Електромобіль може мати вдвічі менше кінських сил, ніж автомобіль із ДВС, але при цьому прискорюватись суттєво швидше. Електромобіль, на відміну від автомобіля з ДВС, відразу дає великі значення крутного моменту, що власне і дозволяє досягати такого швидкого прискорення.

Також електромобіль набагато простіший в керування, ніж автомобіль із ДВС, за рахунок однієї передачі, низького центру тяжіння (за рахунок низького розташування батареї, яка зазвичай знаходиться над днищем автомобіля). Завдяки відсутності двигуна в передній частині машини, електромобіль не тільки дає вам додаткове місце для перевезення вантажів, але і також суттєво підвищує безпеку автомобіля.

Слабкі сторони електромобільності проявляються в наступному:

Висока вартість електромобіля є найбільшою перешкодою на шляху його

масового поширення. У середньому роздрібна ціна автомобіля середнього класу з двигуном внутрішнього згоряння вдвічі нижче ціни електричного аналога. У більшості моделей електромобілів кузов і багато інших частини запозичені у аналогів з двигуном внутрішнього згоряння. А найдорожчою частиною електромобіля є батарея, на частку якої припадає до 40% від кінцевої ціни електромобіля. І саме здешевлення батареї дозволить електромобілям стати конкурентоспроможними за ціною.

Однак у зв'язку з активним розвитком цього напрямку слід враховувати швидке поліпшення зазначених показників. У середньому ціни на ті ж моделі або їх аналоги при постійному покращенні якості знижуються на 1-2 тис. дол. США на рік.

Можливості електромобільності, перш за все, обумовлені інноваційними розробками. Деякі автовиробники не збираються випускати гібридні автомобілі, а відразу готові розпочати виробництво електромобілів. Вони відстали у наукових розробках, не можуть самостійно створити гібридний автомобіль, або вважають гібриди безперспективними. Наприклад, японська компанія Mitsubishi Motors розпочала виробництво електромобілів на базі Colt, на якому встановлені літій-іонні акумулятори. Існуючі прототипи мають дальність пробігу 150 км.

Ведуться роботи над створенням акумуляторних батарей з малим часом зарядки (близько 15 хвилин), в тому числі і з застосуванням наноматеріалів. Ще на початку 2005 року компанія Altairnano оголосила про створення інноваційного матеріалу для електродів акумуляторів. У березні 2006 Altairnano і Boshart Engineering уклали угоду про спільне створення електромобіля. У травні 2006 року успішно завершилися випробування автомобільних акумуляторів з $\text{Li}_4 \text{Ti}_5 \text{O}_{12}$ електродами. Акумулятори мають час зарядки 10—15 хвилин.

Розглядається також можливість використання як джерел струму не акумуляторів, а іоністорів (суперконденсаторів), що мають дуже малий час

зарядки, високу енергоефективність (більше 95 %) і набагато більший ресурс циклів зарядка-розрядка (до кількох сотень тисяч). Дослідні зразки іоністорів на графені мають питому енергоємність 32 Вт×год/кг, порівняну з такою для свинцево-кислотних акумуляторів (30—40 Вт*год/кг). Розробляються електричні автобуси на повітряно-цинкових (Zinc-air) акумуляторах.

Деякі фахівці стверджують, що бум на електромобілі почнеться лише після 2020 року, коли буде вдосталь інфраструктури для них.

Згідно планів Єврокомісії, до 2030 року електромобілі повинні складати половину всього міського автотранспорту. Очікується, що такий перехід на електропривід дозволить значно знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу і знизить рівень акустичного забруднення навколишнього середовища.

Загрози щодо розвитку електромобільності пов'язані з відсутністю або обмеженим доступом до сировинної бази.

Наша планета багата на запаси основних видів мінеральної сировини, але їх розробка – справа дуже непроста. Видобуток зосереджено лише у кількох регіонах і пов'язаний з низкою труднощів різного характеру: складні гірничо-геологічні умови, непроста політична обстановка, жорсткі національні природоохоронні стандарти та інші нормативно-правові вимоги, обмеження землекористування, нерозвиненість супутньої інфраструктури, економічні чинники та ін. Так, завдяки наявності у китайських державних підприємств власної сировинної бази, сформованої за рахунок викупу об'єктів видобутку чи фінансування проектів розробки рудних родовищ, Китай отримав контроль над значною частиною обсягів виробництва літію, кобальту та графіту.

Зростання попиту вимагає нових проектів, а вони обходяться дуже недешево. За оцінками Capaccord Genuity, тільки щоб задовольнити прогнозовану на 2030 рік потребу в літії, необхідно вкласти в розробку родовищ металу з нуля понад 20 млрд. доларів США. При цьому навіть незважаючи на перспективи

майбутнього зростання попиту, залучати фінансування в гірничий видобуток, як і раніше, непросто. Інвестори з небажанням виділяють кошти, що не дивно через нестабільну цінову кон'юнктуру, тривалі терміни реалізації проектів, зростаючу роль факторів нефінансового характеру, а також обмеженість ринку мінералів, що використовуються для виробництва акумуляторів.

Нестабільність, що панує в галузі, разом з циклічним характером її розвитку можуть призвести до різких цінових коливань, які можуть негативно позначитися на рентабельності проектів, незважаючи на перспективи зростання попиту. Так, протягом останніх кількох років виробники літію активно інвестували у нові проекти у прагненні наростити обсяги постачання та задовольнити попит на акумулятори для електромобілів. Однак уповільнення темпів виробництва електромобілів наприкінці 2019 року та коронакриза, що вибухнула роком пізніше, порушили баланс попиту та пропозиції на ринку. Внаслідок цього середня світова ціна тони карбонату літію впала з 16 031 дол. США в листопаді 2017 року до 6 387 дол. США у жовтні 2020 року. Через проблеми з ліквідністю, що послідували за цим, деякі видобувні компанії були змушені почекати з капіталовкладеннями.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>Використання електромобілів замість автомобілів з ДВС зменшує забруднення повітря у містах.</p> <p>Електромотор з розрахунком втрат при зарядці має ефективність порядку 85-90% потрібної з мережі електроенергії, що в 3 рази вище за ККД двигуна внутрішнього згорання, що становить близько 30-35%.</p> <p>Електромобіль через специфіку руху у містах більше ефективний у плані використання енергії, ніж традиційні автомобілі</p> <p>Електроенергія в середньому дешевша за бензин. Ціни на неї менш коливаються, ніж ціни на моторне паливо з нафти.</p>	<p>Споживачі все ще не сприймають електрокари як звичайні машини - більшість віддає перевагу автомобілям з ДВС.</p> <p>Досить висока ціна на нові електромобілі та висока ціна заміни акумулятора на новий.</p> <p>Зараз електрокари захопили лише ринок Європи та Америки, у інших країнах їх позиції досить слабкі.</p> <p>Для створення батарей та інших деталей електрокарів компанія використовує сировину постачальників. Літій, алюміній, мідь та інші матеріали не нескінченні, які ціни коливаються. Це впливає на виробництво та робить компанію залежною від підрядників.</p>
Можливості	Загрози
<p>Ведуться роботи над створенням акумуляторних батарей з малим часом зарядки (близько 15 хвилин), в тому числі і з застосуванням наноматеріалів.</p> <p>Є можливість використання як джерел струму не акумуляторів, а іоністорів (суперконденсаторів), що мають дуже малий час зарядки, високу енергоефективність (більше 95 %) і набагато більший ресурс циклів зарядка-розрядка (до кількох сотень тисяч)</p> <p>Наразі лише 2,5% ринку автомобілів складають електрокари. Але, за прогнозами консалтингової компанії Deloitte, до 2030 року вони займатимуть 25% авторинку.</p> <p>Великобританія має намір відмовитися від звичайних машин до 2030 року.</p> <p>Зараз автокари займають ринок Європи та Америки, у майбутньому є можливість вийти на ринки інших частин світу.</p>	<p>Нестабільність, що панує в галузі, разом з циклічним характером її розвитку можуть призвести до різких цінових коливань, які негативно позначаються на рентабельності проектів незважаючи на перспективи зростання попиту.</p> <p>Нестабільність, що панує в галузі, разом з циклічним характером її розвитку можуть призвести до різких цінових коливань, які негативно позначаються на рентабельності проектів незважаючи на перспективи зростання попиту</p>

Рис. 4.1 Матриця SWOT-аналізу підвищення електромобільності

ВИСНОВКИ

Поняття «електромобільність» дедалі частіше з'являється у людському житті. За ним стоїть не просто використання електрики як рушійної сили для транспорту, а й ціла транспортна та суспільна революція, тому що запровадження електромобільності у широкому розумінні цього слова потребує зміни стилю життя та економічної моделі суспільства. Така революція має початися із зміни нашого мислення, нашого сприйняття самих себе як водіїв транспортного засобу. Поступово треба почати сприймати себе все більше як користувачів транспортних засобів, як пасажирів. Необхідно перебудувати наше бачення транспорту: із сприйняття «це мій автомобіль» на сприйняття «це транспортна послуга, якою я зараз користуюсь».

З економічної точки зору для багатьох країн це буде справжнім викликом на найближчі десятиліття, пов'язаним і з виробництвом окремих елементів електричного транспорту, його виготовленням, з подальшим сервіс-обслуговуванням, пов'язаним, зокрема, IT-сектором.

Стратегія електромобільності повністю відповідає концепції економіки замкнутого циклу, заснованої на відновленні ресурсів.

З погляду відповідального споживання у електромобіля безліч плюсів:

- по-перше, він не витрачає викопне паливо;
- по-друге, він не викидає в атмосферу шкідливі речовини;
- по-третє, власник може виключити і вторинні викиди, які можуть бути при виробництві електроенергії. Хтось встановлює на дах будинку або гаража сонячні батареї, хтось заряджається лише на тих зарядних станціях, які використовують чисту енергію;
- по-четверте, навіть якщо використовуватимете для зарядки енергію з «брудних» джерел на кшталт теплових електростанцій, то вуглецевий слід все одно буде меншим, ніж від дизеля;

- по-п'яте, електромобілю не потрібна технічна рідина як-то моторне масло, трансмісійна рідина, антифриз тощо.

Вартість володіння електромобілем належить до ключових факторів прийняття рішення про його покупку: заходи щодо зниження ціни покупки для споживача є сьогодні одними з найефективніших для стимулювання ринку. Розвиток технологій накопичення енергії дозволяє очікувати, що до 2025 року ціна електромобілів зрівняється з ціною автомобілів з ДВЗ, а це, в свою чергу, призведе до остаточного формування масового попиту на електротранспорт.

Для стимулювання попиту на електромобілі важливими також стають пільги, які держава або виробник може надавати користувачу транспортного засобу. Найбільш поширеними є:

- державна субсидія на покупку автомобіля;
- безкоштовна або часткова оплата паркування;
- надання знижок на електроенергію;
- страхові пільги;
- звільнення від транспортного податку;
- скасування ввізне мито.

В якості пільг для виробників застосовуються: податкові пільги; пільги на ПДВ; державні субсидії.

Електромобілі – це наше неминуче майбутнє. Згідно з прогнозом Wood Mackenzie, вже у 2025 році глобальний попит на нафтопродукти почне знижуватися через зростання популярності електромобілів. У 2040 році частка електромобілів та гібридів на ринку нових машин у світі досягне 38%.

Отже, удосконалення технологій, збільшення відстані пробігу на одній зарядки до 300-400 км, розвиток інфраструктури, мотивація збереження навколишнього середовища, випуск більш доступних моделей електрокарів, субсидіювання цих технологій зі сторони урядів країн роблять перспективи зростання електромобільності вельми багатообіцяючими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Еколого-транспортні проблеми сучасної України / Олена Чернишова, Ігор Петренко, Павло Вишебаба. Київ, 2020.
URL: http://icps.com.ua/assets/uploads/images/files/ecology_a4_ukr.pdf
2. Global Sales of Electric Cars Accelerate Fast in 2020 Despite Pandemic. URL: www.theguardian.com/environment/2021/jan/19/global-sales-of-electric-cars-accelerate-fast-in-2020-despite-covid-pandemic
3. Singal N. Electric Vehicles' Global Sales Jump 39% in 2020, 3.1 Million Units Sold. URL: www.businesstoday.in/sectors/auto/electric-vehicles-global-sales-jump-39-percent-in-2020-3-million-units-sold/story/430707.html.
4. www.autoconsulting.ua/article.php?sid=47304
5. <https://www.autocentre.ua/avtopravo/avtobiznes/rynok-elektromobilej-v-ukraine-interesnye-fakty-574149.html>
6. <https://www.rbc.ua/rus/styler/kosnetsya-kazhdogo-detali-nashumevshego-zakona-1576408865.html>
7. <https://hevcars.com.ua/reviews/perspektivy-i-razvitiya-ryinka-elektromobilej-v-ukraine/>
8. <https://sites.google.com/site/elektromobils/strojstvo>
9. Электромобиль: перспективы и проблемы. URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/38700/>
10. <https://www.aresearchguide.com/electric-cars.html>
11. <https://hevcars.com.ua/reviews/mify-i-realnost-zaryadnoj-infrastruktury/>
12. <https://www.kbb.com/car-news/how-much-does-it-cost-to-charge-an-ev/>
13. <https://www.managementstudyguide.com/economics-of-electric-car.htm>
14. <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromobil-transport-buduschego>
15. Гнатюк А. В., Аргунь І. В. Ретроспектива основних етапів розвитку

електромобілів. Частина 1. *Вісник ХНАДУ*. 2017. № 77. С. 68–74

16. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 2. *Вісник ХНАДУ*. 2017. № 78. С. 116–124.

17. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/09/data-analysis-and-price-prediction-of-electric-vehicles/>

18. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/making-electric-vehicles-profitable>

19. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812042759>

20. Карамян О.Ю., Чебанов К.А., Соловьева Ж.А. Электромобиль и перспективы его развития. *Фундаментальные исследования*. 2015. № 12. С. 693-696.

21. Игорь Шикорун. Насколько выгоден электромобиль. URL: <https://www.autocentre.ua/opyt/poleznye-sovety/naskolko-vygoden-elektromobil-378200.html>

22. Коли цінова політика електромобілів та бензинових машин зрівняється. URL: https://innovation.24tv.ua/koli-elektromobili-zrivnyayutsya-za-vartistyu-benzinovimi-mashinami_n1412679

23. <https://www.nber.org/papers/w29093>

24. <https://www.ipl.org/document/PJQM2XY3UU>

25. <https://www.theguardian.com/business/2021/may/09/electric-cars-will-be-cheaper-to-produce-than-fossil-fuel-vehicles-by-2027>

26. <https://www.weforum.org/agenda/2015/04/the-changing-economics-of-electric-vehicles/>

27. <https://www.aresearchguide.com/electric-cars.html>

28. <https://itc.ua/articles/elektromobili-v-ukraine-itogi-2017-planyi-2018/>

29. <https://minfin.com.ua/2021/04/08/62882672/>

30. <https://vyvoz.org/blog/vliyanie-transporta-na-okruzhayushchuyu-sredu/>

31. <https://www.oum.ru/literature/raznoe/problemy-ekologii/>

32. <https://mobilecar.com.ua/stantsii-dlya-zaryadki-mobile-car/>