

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та
інфраструктури

Кафедра управління та адміністрування ІФННІМ

ПЕТРИШАК Павло Васильович

Сучасний стан та перспективи використання електромобілів на
комерційній основі / The current state and prospects of the use of electric
vehicles on a commercial basis

спеціальність 274 Автомобільний транспорт
освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи ТАмі-21
П.В. Петришак

Науковий керівник
к.т.н., доцент, О. В. Павленко

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 202_ р.

Зав. кафедри

_____ Л. М. Алексеєнко

Івано-Франківськ - 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	6
1.1. Основні поняття та сутність функціонування електромобілів.	6
1.2. Особливості та вартість технічного обслуговування електромобілів.	12
1.3. Підтримка держави та регулятивні заходи для стимулювання ринку електромобілів	18
Висновки до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2. МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РІЗНІ АСПЕКТИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	23
2.1. Динаміка кількості електромобілів в Україні та світі	23
2.2. Вплив електромобілів на глобальний ринок нафти та навколишнє середовище.....	30
2.3. Сучасні тенденції проектування та виробництва електромобілів	37
Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ НИХ ...	49
3.1. Популяризація використання електромобілів для комерційних потреб	49
3.2. Перспективи розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів	56
Висновки до розділу 3	66
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. На даний час у світі та Україні стрімко набирає популярності їзда на електромобілях. Використання електромобілів дало новий поштовх для розвитку технологій, запуску нових виробництв та розвитку транспортної інфраструктури. За останні роки використання електромобілів набуло неабияких масштабів і вибудувало новий вектор в побудові та виробництві автомобілів. Тому сьогодні тема електромобілів та її розгляд під призмами технологічної, економічної та соціальної значущості є важливою і потребує досліджень.

Електромобілі, залучаючи увагу громадськості та індустрії, поступово стають варіантом для заміни традиційних автомобілів, які працюють на двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ). Електромобілі вважаються більш екологічно чистими, оскільки вони не викидають вуглекислий газ і інші забруднюючі речовини під час руху. Також вагомою перевагою електромобілів є низькі витрати на заряджання та обслуговування, тому велика кількість споживачів розглядають купівлю електромобіля для комерційних потреб. Отже, вивчення і дослідження принципів роботи та вдосконалення функціонування електромобілів все більше набирає популярності і значущості.

Огляд літератури з теми дослідження. Чималий внесок у теорію, зв'язану з управлінням інноваційною діяльністю на підприємстві зробили іноземні та вітчизняні вчені Гладій Б., Гнатов А., Гутаревич Ю., Дикун Т., Захарчук О., Клименко М., Кубіч В., Пиндус, Р., Скрипчук П., та безліч інших.

Втім, існують питання, котрі потребують додаткових досліджень. Велика кількість робіт та напрацювань присвячені аналізу конструкції електромобіля та вдосконалення його елементів, проте, стосовно застосування електромобілів на комерційній основі – лише мала частка.

Мета даної роботи полягає у дослідженні технологічних особливостей будови електромобілів, їх експлуатації і розробці практичних рекомендацій щодо популяризації застосування електромобілів для комерційних потреб.

Дана мета визначила необхідність постановки та вирішення таких основних завдань:

1. Визначити основні поняття будови та функціонування електромобілів
2. Провести аналіз технологічних особливостей проведення технічного обслуговування електромобілів
3. Проаналізувати державні та регулятивні заходи для стимулювання ринку електромобілів
4. Проаналізувати динаміку кількості електромобілів в Україні та світі.
5. Провести аналіз впливу електромобілів на глобальний ринок нафти та навколишнє середовище
6. Проаналізувати сучасні світові тенденції проектування та виробництва електромобілів
7. Визначити шляхи популяризація використання електромобілів для комерційних потреб
8. Розглянути перспективи розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів.

Об'єктом дослідження є функціонування електромобілів..

Предметом дослідження є напрями вдосконалення використання електромобілів на комерційні основи.

Наукова новизна проведеного дослідження визначається отриманням наступних наукових результатів:

- систематизовано характеристики регламентних робіт електромобілів у порівнянні з традиційними автомобілями;
- визначено основні перспективні напрямки розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів;
- визначено шляхи та методи популяризації використання електромобілів для міських вантажних перевезень, що є елементом системи продажів електрофургонів автосалону ТзОВ «ЕН ДЖІ КАРС».

Методологія дослідження. Теоретичним підґрунтям дослідження є наукові роботи та положення, і сучасні розробки теоретичних основ

функціонування електромобілів, енергетичних систем та елементів відновлювальної енергетики. Під час написання кваліфікаційної роботи використані загальнонаукові і спеціальні методи дослідження: порівняльного аналізу; метод узагальнюючої абстракції; методи вимірювання; методи математичного аналізу; метод індукції; метод моделювання; метод формалізації тощо. Отримані статистичні дані оброблені з використанням Microsoft Excel 2003.

Інформаційна база роботи. Інформаційною базою дослідження є публікації провідних іноземних та вітчизняних вчених в сфері автомобілебудування та розвитку сучасних концепцій конструювання автомобілів, звітна та організаційно-методична документація підприємства, офіційні дані Державного комітету статистики України, Федерації роботодавців автомобільної галузі, Інституту досліджень авторинку, Міжнародного енергетичного агентства; матеріали періодичних видань, наукових конференцій та інші матеріали оприлюднені у друкованій формі та в мережі Інтернет.

Практичне значення полягає у визначенні практичної сторони використання електромобілів на комерційній основі, що стане елементом стратегії продажів електрофургонів підприємством ТЗОВ «ЕН ДЖІ КАРС». Приклад успішного досвіду застосування електромобілів на комерційній основі дозволить створити платформу для популяризації даного виду транспорту.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дослідження доповідалися автором на науково – практичній конференції «Актуальні проблеми глобалізованого світу» (м. Івано-Франківськ, 19 жовтня 2023р.).

Структура дипломної роботи. Дипломна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 74 сторінки комп'ютерного тексту, у тому числі 8 таблиць, 17 рисунків, список використаних джерел зі 53 найменування.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1. Основні поняття та сутність функціонування електромобілів

Електромобіль – це транспортний засіб, який використовує систему електричного приводу . Або, іншими словами, це транспортний засіб, який не використовує двигун внутрішнього згорання для приведення в рух [40].

Проте, деякі вчені та науковці пропонують розглядати під терміном «електромобілі» всі транспортні засоби, які приводяться в рух завдяки електроенергії. Тобто, гібридні автомобілі також можна віднести до поняття «електромобілі», навіть попри те, що їх будова передбачає наявність двигуна внутрішнього згорання [8].

У підручнику «Hybrid & Electric Vehicles» електромобілі прокласифікували на такі види:

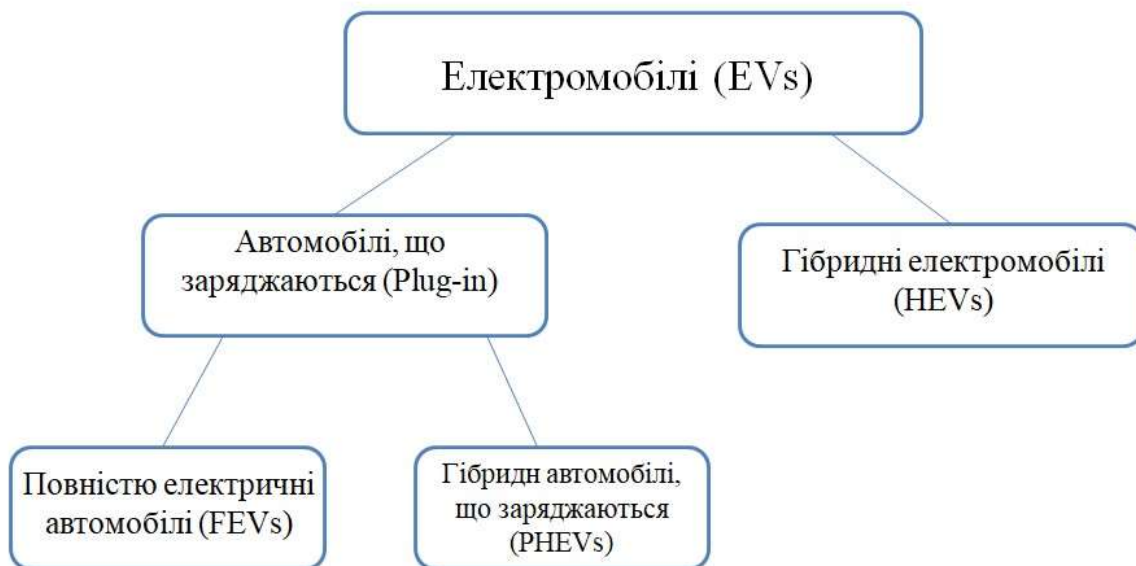


Рис.1.1 Класифікація електромобілів [40]

Гібридні електромобілі (HEVs) – автомобілі, які поєднують в складі приводу двигун внутрішнього згорання(ДВЗ) та електричний двигун. В таких

автомобілях двигун внутрішнього згорання виконує дві функції – приведення ТЗ в руз і зарядка акумулятора.

Гібридні автомобілі, що заряджаються (PHEVs) – це ті самі гібридні автомобілі, але з функцією зарядки електричної батареї від зовнішньої мережі. В таких автомобілях під час їзди є можливість використовувати виключно електродвигун і акумулятор без ДВЗ.

Повністю електричний автомобіль (електромобіль або FEVs – Full Electric Vehicle) – автомобіль, який працює виключно на системі електричного приводу. Тобто, в ньому відсутній традиційний ДВЗ. Такі ТЗ називають автомобілями з нульовим рівнем викидів, але, шкідливі викиди виділяються під час зарядки цих автомобілів.

Значний поштовх у проектуванні та розробці електромобілів зробила компанія Tesla, випустивши електричний седан з динамікою спортивного автомобіля, зручним салоном, і основне – наднизькою вартістю їзди, порівнюючи з традиційними автомобілями.

Будова електромобіля кардинально відрізняється від будови традиційних автомобілів з ДВЗ. У традиційних автомобілів основним елементом є двигун внутрішнього згорання та його системи (впуску, випуску, подачі палива тощо). У електромобілів основою є електричний двигун та батарея, трансмісія, бортовий зарядний пристрій, перетворювач напруги та електронна система управління.

Основним елементом в електромобілі є електродвигун, який використовується для створення крутного моменту. В якості цього двигуна використовують трьохфазні (синхронні або асинхронні) електричні двигуни змінної напруги потужністю від 15 кВт і вище.

Асинхронними двигунами називають двигуни змінного струму, в яких швидкість обертання ротора відрізняється від швидкості обертання магнітного поля статора. Величину, на яку вона відстає, називають ковзанням [8].

Синхронними двигунами є двигуни змінного струму, у яких рух ротора повністю симетричний відносно електромагнітного поля. Такі двигуни використовуються при підвищеній потужності [8].

Ключовими перевагами електродвигуна є:

- Максимальний рівень крутного моменту на всьому діапазоні швидкості;
- Електродвигун працює в двох напрямках без додаткових налаштувань чи пристроїв:
- Проста будова;
- Можливість працювати в режимі генератора.

В деяких сучасних електромобілях встановлюються електродвигуни на кожне колесо, що значно підвищує потужність транспортного засобу. Проте, в такому компонуванні страждає керуваність автомобіля через збільшення підресорної маси авто.

Трансмсія електромобіля на більшості електрокарів представлена одноступінчатим зубчастим редуктором. Бортовий зарядний пристрій дозволяє заряджати акумулятор від побутової електромережі.

Інвертор слугує для перетворення постійного струму АКБ в трьохфазний постійний струм, необхідний для електродвигуна.

Перетворювач постійного струму забезпечує зарядку додаткової батареї на 12В, яка виконує функцію живлення для різних потреб автомобіля (мультимедійна система, система освітлення, система опалення та кондиціонування).

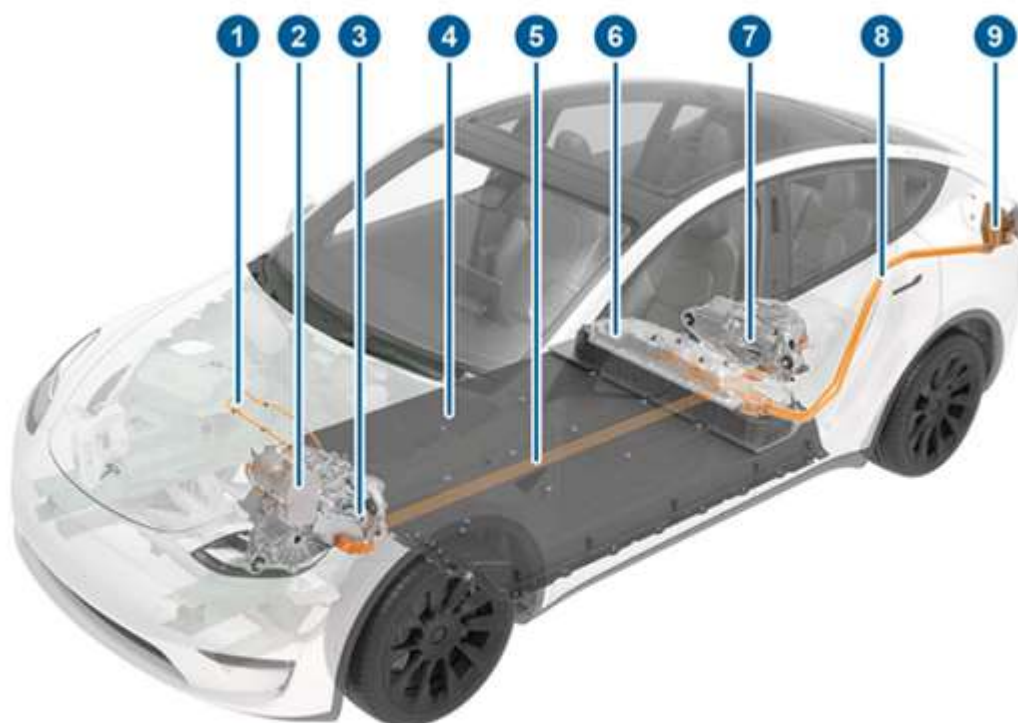
Електрична система управління виконує такий ряд функцій:

- Керування високою напругою;
- Регулювання тяги;
- Забезпечення оптимального режиму руху;
- Керування плавністю прискорення;
- Оцінка стану та заряду АКБ;
- Управління системою рекуперації;

– Контроль використання енергії.

Розглянувши елементи електромобіля, важливо розуміти як вони між собою взаємодіють і як вони скомпоновані в будові електромобіля. Оскільки електромобіля рухається завдяки електричній енергії, практично всі його складові є електричними приладами чи системами, тому будову електромобіля слід розглядати як будову високовольтної системи. Розглянемо будову електромобіля та його високовольтної системи на прикладі електромобіля Tesla Model Y на рисунку 1.2.

Високовольтні компоненти Tesla Model Y



1. Високовольтні кабелі
2. Тепловий насос
3. Передній двигун (тільки у повнопривідних авто)
4. Високовольтна батарея
5. Високовольтні кабелі
6. Сервісна панель високовольтної батареї
7. Задній двигун
8. Високовольтні шини
9. Зарядний порт

Рис.1.2. Високовольтна система електромобіля Tesla Model Y [15]

Як ми бачимо з малюнку, велику площу автомобіля займає високовольтна акумуляторна батарея. У електромобілях акумуляторна батарея виконує

функцію «бензобаку», оскільки відстань, яку може подолати електромобіль, залежить безпосередньо від неї. АКБ електромобіля має 3 основні параметри: ємність АКБ, довговічність та щільність енергії.

Щільність енергії – кількість енергії, яка може зберігатись у даній масі речовини і вимірюється у Wat-годинах, поділених на кілограм. Довговічність батареї є дуже важливим показником безпосередньо для кінцевих покупців, які прагнуть отримати від свого автомобіля максимальну надійність. Для прикладу, VW дає гарантію на акумулятори 8 років або 160 000 км пробігу.

Для того, щоб акумуляторна батарея віддала свою енергію на електродвигун, потрібен перетворювач струму. В електромобілях зазвичай використовуються 3 таких перетворювачів:

- DC – DC перетворювач – електричний пристрій для підвищення або зниження напруги;
- Інвертор DC – AC – електричний пристрій для перетворення постійного струму в змінний;
- Випрямляч – AC – DC – конвертує напругу генератора в постійну напругу для заряду акумулятора [8].

Тепловий насос є важливою частиною багатьох сучасних електричних автомобілів, і він використовується для регулювання температури в кабіні автомобіля та для оптимізації ефективності автомобіля в різних кліматичних умовах. Тепловий насос працює на принципі транспортування тепла від одного місця до іншого, і в залежності від режиму роботи, він може виконувати як обігрів, так і охолодження. Основні функції теплового насосу в електричному автомобілі включають:

1. Обігрів кабіни: У зимовий період тепловий насос використовує тепло оточуючого середовища або тепло, вироблене електричним автомобілем, для обігріву кабіни. Це допомагає забезпечити комфортні умови для пасажирів без значного використання зарядної батареї.

2. Охолодження кабіни: Влітку тепловий насос може використовувати обороти холодильного циклу для охолодження кабіни. Він відводить тепло з кабіни, забезпечуючи комфорт в спекотну погоду.
3. Оптимізація ефективності: Тепловий насос також може бути використаний для оптимізації роботи електромобіля в умовах низьких або високих температур. Він допомагає зменшити споживання електроенергії для обігріву або охолодження кабіни, що впливає на дальність поїздки автомобіля.

Тепловий насос є важливою технологією для забезпечення комфортної та ефективної експлуатації електричних автомобілів у різних погодних умовах.

Важливою складовою функціонування електромобілів є процес їхнього заряджання. Є два способи зарядки електромобіля – звичайна та швидкісна зарядка. Відповідно, в більшості електрокарів є два порти зарядки: GB/T AC та GB/T DC. Звичайна зарядка - це зарядка змінним струмом з використанням однієї фази через вбудований інвертор. Напруга – 220В. сила струму – 32А. Пропускна спроможність порту – 7кВт за 1 год [26].

Швидкісна зарядка – процес зарядки електромобіля постійним струмом, оминаючи інвертор. Напруга – 400В, струм – від 50А до 250А. Пропускна здатність – від 20 до 100 кВт за 1 год [26].

Оскільки є два види зарядки, також існують два типи роз'ємів: для швидкісної зарядки та звичайної. Але, враховуючи велику кількість електромобілів, і відсутність єдиного стандарту, кожен автовиробник використовував різні типи з'єднувачів.

Для звичайної зарядки використовують такі з'єднувачі:

- SAE J1772 / 2009;
- VDE-AR-E 2623-2-2;
- EV Plug Alliance;

Для швидкої зарядки (постійний струм) використовують такі з'єднувачі:

- "CHAdeMo";
- GB / T 20234.3;

– CCS [33].

Всі перелічені види роз'ємів можна побачити на малюнку.



Рис.1.3. Види з'єднувачів для зарядки електромобілів [35]

1.2. Особливості та вартість технічного обслуговування електромобілів

Процес технічного обслуговування електромобіля полягає у перевірці та заміні певних елементів конструкції ТЗ. Технічне обслуговування електромобілів є значно дешевшим та простішим, порівнюючи процес ТО звичайного автомобіля з двигуном внутрішнього згорання.

Для того, щоб зрозуміти перелік робіт по технічному обслуговуванню електромобілів, варто звертатися до їх заводу-виробника для отримання графіка та регламенту таких робіт.

Розглянемо рекомендації та графік обслуговування автомобілів TESLA. На відміну від бензинових автомобілів, автомобілі Tesla не потребують традиційної заміни масла, паливних фільтрів, заміни свічок запалювання чи перевірки викидів. Навіть заміна гальмівних колодок відбувається рідко,

оскільки рекуперативне гальмування повертає енергію акумулятору, значно зменшуючи знос гальм [43].

Ось перелік основних елементів та перевірок, які рекомендує TESLA:

1. Повітряний фільтр салону – для автомобілів TESLA Model 3 та Model Y – заміна кожні 2 роки експлуатації; Model S та Model X – кожні 3 роки;
2. Високоєфективний повітряний фільтр (HEPA) – при його наявності, кожні 3 роки;
3. Заміна шин, балансування та регулювання коліс – кожні 6 250 миль (10 000 км);
4. Тест гальмівної рідини – перевірка на забруднення кожні 4 роки, при потребі – її заміна;
5. Сервіс кондиціонера – полягає в заміні пакету з осушувачем. Tesla Model 3 та Model Y – кожні 4 роки, Model S та Model X – кожні 3 роки.
6. Сервіс гальмівної системи – рекомендовано чистити та змащувати всі гальмівні супорти кожні 12 місяців або кожні 12 500 миль для транспортних засобів у регіонах з холодною погодою [43].

Варто відзначити той факт, що пункт №6 є доволі незвичним, оскільки процедури чистки за змащення гальмівних супортів немає в жодних технічних картах традиційних автомобілів з ДВЗ. У електромобілях це пояснюється тим, що у електромобілів є функція рекуперації, яка дозволяє двигуну сповільнювати транспортний засіб, відновлюючи його кінетичну енергію, і згодом повертаючи цю енергію назад до акумуляторної батареї.

СТО «Бош Авто Сервіс 112 Україна» склало графік обслуговування для електромобілів VW ID, які є дуже популярними в Україні серед покупців. Перелік пунктів періодичного обслуговування подібний до переліку регламентних робіт електромобілів Tesla. Проте, цікавим є один пункт. Масло в редукторі рекомендують замінювати кожні 80 000 км., або 5 років експлуатації. Проте, в технічних картах заводу-виробника не зазначено, що заміна мастила в редукторі потрібна.

Розглянемо перелік робіт та необхідних запчастин для проведення ТО автомобіля Nissan Leaf 2021 та порівняємо цей перелік з переліком регламентних робіт для подібного автомобіля марки Nissan, але з двигуном внутрішнього згорання, Nissan Juke 1.6 з коробкою передач варіатор. Для зручності складемо таблицю порівняння регламентних робіт.

Таблиця 1.1

Порівняння регламентних робіт автомобілів Nissan Leaf та Nissan Juke

Найменування	Інтервал та необхідність заміни (+, км)	
	Nissan Leaf	Nissan Juke
Заміна моторного мастила і фільтру	---	+, кожні 15 тис.км.
Заміна повітряного фільтру	---	+, кожні 30 тис.км.
Заміна фільтру салону	+, кожні 30 тис.км.	+, кожні 15 тис.км.
Заміна свічок запалювання	---	+, кожні 30 тис.км.
Заміна трансмісійної оливи	---	+, кожні 90 тис.км.
Заміна охолоджуючої рідини	+, кожні 120 тис.км.	+, кожні 90 тис.км.
Заміна гальмівної рідини	+, кожні 60 тис.км.	+, кожні 60 тис.км.

Складено на основі [24]

Проаналізувавши таблицю, можна зробити висновок, що процес обслуговування електромобіля є набагато простішим, ніж обслуговування ТЗ з ДВЗ. Основними та найчастішими роботами в автомобілі Nissan Juke є заміна моторної оливи, комплекту фільтрів та свічок запалювання. Також, порівнюючи однакові роботи, такі як заміна фільтру салону, охолоджуючої рідини та гальмівної рідини, інтервал заміни у електромобіля практично у два рази більший. Враховуючи, що перелік робіт значно менший, і інтервал заміни більший, вартість обслуговування електромобіля є значно дешевшою. Для зручності порівняння, складемо таблицю 1.2, де порівняємо вартість

регламентних робіт згідно прасу оригінальної дилерської станції технічного обслуговування Nissan.

Таблиця 1.2

Порівняння вартості ТО автомобілів Nissan Leaf та Nissan Juke

Інтервал ТО	Вартість обслуговування (запчастини та робота), грн	
	Nissan Leaf	Nissan Juke
15 000 км		6012
30 000 км	2711	12390
45 000 км		6012
60 000 км	3456	12390
75 000 км		6012
90 000 км	2711	24235
105 000 км		6012
120 000 км	4650	12390
Сума разом, грн	13 528	85453

Складено на основі [24]

Після аналізу даної таблиці, можна побачити колосальну різницю у вартості обслуговування традиційного автомобіля з ДВЗ та електромобіля.

Завод-виробник BMW рекомендує такий перелік сервісного обслуговування своїх електромобілів:

1. Заміна фільтру салону – кожні 20 тисяч миль* або 2 роки;
2. Заміна гальмівної рідини - кожні 20 тисяч миль* або 2 роки
3. Заміна місцями шин – перевірка і заміна кожні 10 тисяч миль* або раз у рік;
4. Щітки склоочисника – перевірка кожні 20 тисяч миль*, в разі потреби – заміна.

* - 1 миля = 1,6 км [31].

Через доволі велику вагу акумуляторної батареї, електромобілі не є такими легкими, як їхні бензинові або дизельні конкуренти. Через це, в більшості технічних карт та регламентів ТО є пункт заміни шин місцями і виконання процедури регулювання кута коліс (розвал-сходження).

Важливим елементом експлуатації електромобіля є довговічність її акумуляторної батареї. За даними опитування компанії RecurrentAuto, яка займається науковими та технічними розробками у сфері електромобілів, більшість акумуляторів електромобілів все ще знаходяться в експлуатації. Найбільша кількість замін акумуляторів була в автомобілях Hyundai Kona та Chevrolet Bolt EV, і була зроблена по гарантії. Лідерами по не гарантійній заміні акумуляторів стали Nissan Leaf та Tesla Model S. Це пов'язано з віком цих автомобілів, оскільки вони були першими популярними електромобілями [44].

Тож, гарантії виробника на акумуляторну батарею є важливим показником надійності електромобіля. Розглянемо кілька прикладів гарантії виробників на акумулятори електромобілів.

Гарантії на акумулятори Tesla дещо відрізняються між Model 3 Standard Range, Long Range і Model S/X. Акумулятор Model 3 Standard Range гарантовано залишатиметься на 70% початкової ємності протягом 160 000 миль або 8 років, залежно від того, що трапиться раніше. Інші комплектації Model 3 і Model Y від Tesla мають 70% гарантію до 120 000 миль або 8 років. Model S і X мають однакові 8 років, але 150 000 миль [44].

Chevy (GM) має стандартну гарантію 8 років і 100 000 миль на «компоненти електричної силової установки» Bolt, Volt і Malibu. Він визнає можливе погіршення якості на 10-40% протягом гарантійного періоду [44].

У період з 2012 по 2019 роки Hyundai похвалився «Найкращою гарантією в Америці» з довічною гарантією на батарею, яка не підлягає передачі. Гарантія поширюється на поломку, яка здебільшого не вказана в документації. Починаючи з 2020 року, акумулятор гарантовано підтримує 70% ємності протягом 10 років або 100 000 миль [44].

BMW гарантує 70% оригінальної ємності протягом 8 років або 100 000 миль, що може бути передано новим власникам. VW гарантує 70% вихідної потужності протягом 8 років або 100 000 миль [44].

Для продовження служби акумуляторної батареї електромобіля слід дотримуватися основних принципів та рекомендацій. RecurrentAuto дає кілька основних рекомендацій для продовження терміну експлуатації акумуляторів:

1. **Зарядка.** Заряджання акумулятора – це фізичний процес, який переміщує іони літію та електрони в клітинах. При вищій швидкості заряджання фізичні процеси відбуваються сильніше, і тим більше фізичне навантаження або мікро пошкодження виникають на матеріалах батареї. Під час заряджання дуже високою напругою, наприклад швидкої зарядки постійним струмом, також виділяється багато тепла, що не є ідеальним для довговічності акумулятора. Швидке заряджання постійним струмом — це подвійний чизбургер із заряджанням: чудово під час подорожі, але краще уникати щодня. Більшість акумуляторів створено для звичайної зарядки рівня 2 або 220 В.
2. **Глибина розряду.** Глибина розряду означає, скільки акумулятора ви використовуєте між заряджаннями. Наприклад, якщо у вас акумулятор ємністю 100 кВт/год, глибина розряду 80 кВт/год становить 80% ємності акумулятора. Лабораторні дослідження показують, що елементи батареї служать набагато довше, якщо глибина розряду невелика, і загальноприйняте переконання передбачає підтримку заряду в діапазоні близько 50%, де батарея хімічно найбільш стабільна. Іншими словами, замість того, щоб використовувати 50% акумулятора перед заряджанням, ви можете використати 20% акумулятора, зарядити його, а потім використати ще 30%.
3. **Тепло.** Перші батареї LEAF через конструктивні особливості не любили спеки. Найперші батареї LEAF не мали активного

охолоджувача, а це означає, що електромобілі в жаркому кліматі виходили з ладу швидше, ніж очікувалося, і багатьом з них потрібно було замінити батарею. Незважаючи на те, що багато автовиробників навчилися на першому помилковому кроку Nissan і встановили терморегулятор у свої акумуляторні батареї, все одно вірно, що батареї служать довше, якщо їх зберігати якомога прохолоднішими. Оскільки не всі системи управління температурою працюють однаково, це означає паркування в тіні, охолодження автомобіля перед заряджанням і розгляд більш активного охолодження, якщо ви живете в жаркому кліматі.

Проаналізувавши регламент технічного обслуговування популярних моделей електромобілів, можна зробити висновок, щоб конструкція електромобіля дозволяє зробити процес технічного обслуговування простим та дешевим. Більшість електромобілів потребують заміни фільтра салону, охолоджуючої рідини, гальмівної рідини та заміну місцями шин.

1.3. Підтримка держави та регулятивні заходи для стимулювання ринку електромобілів

Державне стимулювання електромобілів є поширеною практикою у багатьох країнах з метою сприяння їх придбання та поширенню. Ось деякі типи державних заходів, що застосовуються для стимулювання електромобілів:

- Фінансові пільги та субсидії: Деякі уряди надають фінансові пільги, такі як знижки на покупку електромобілів, зниження податків на їх реєстрацію або навіть фінансування програм обміну старого автомобіля на електромобіль. Такі заходи зменшують вартість електромобілів та роблять їх більш доступними для споживачів.
- Інфраструктура зарядних станцій: Деякі уряди інвестують у розвиток інфраструктури зарядних станцій для електромобілів. Це включає встановлення публічних зарядних станцій на громадських

майданчиках, урбаністичних районах та на магістральних дорогах. Державне фінансування і підтримка побудови зарядних станцій стимулює розвиток електромобільної інфраструктури та забезпечує більшу зручність для власників електромобілів.

- Зниження експлуатаційних витрат: Електромобілі мають значно менші експлуатаційні витрати порівняно з традиційними автомобілями з ДВЗ. Деякі уряди надають податкові пільги або зниження страхових тарифів для власників електромобілів, зменшуючи тим самим їх вартість володіння та експлуатації.
- Нормативні вимоги та міжнародні стандарти: Уряди можуть встановлювати нормативні вимоги щодо впровадження електромобілів у громадський транспорт або автопарки державних організацій. Також існують міжнародні стандарти екологічної сертифікації, які можуть впливати на рішення про придбання електромобіля.

Державне стимулювання електромобілів сприяє їхньому розвитку та поширенню, спонукаючи споживачів переходити на більш екологічні види транспорту. Це також сприяє досягненню екологічних цілей, таких як зменшення викидів парникових газів та поліпшення якості повітря.

Державне стимулювання електромобілів держава проводить через свої методи та інструменти. Основним інструментом є законотворення та законодавче регулювання певної галузі. Україна приділяє значну увагу розвитку ринку електромобілів та електромобільної інфраструктури.

Перелічимо деякі важливі законодавчі акти та положення, пов'язані з електромобілями в Україні:

- Закон України "Про електромобільні транспортні засоби" (2017 рік): Цей закон встановлює загальні принципи та визначення щодо електромобілів, визначає порядок їх реєстрації, використання та обліку, а також регулює питання щодо безпеки та технічних вимог до електромобілів.

- Податкові пільги та знижки: Уряд України встановив ряд податкових пільг та знижок для власників електромобілів. Зокрема, електромобілі звільнені від сплати акцизного збору та мита при їх імпорті. Крім того, існують пільги щодо сплати податку на нерухоме майно та транспортний податок.
- Розвиток інфраструктури зарядних станцій: Уряд України підтримує розвиток інфраструктури зарядних станцій для електромобілів. Існують програми та проекти, спрямовані на стимулювання встановлення зарядних станцій на громадських майданчиках, паркінгах, автозаправних комплексах та інших місцях.
- Нормативні вимоги та сертифікація: Україна дотримується міжнародних стандартів щодо екологічної сертифікації та безпеки електромобілів. Власники електромобілів повинні дотримуватись вимог щодо технічного стану та безпеки автотранспортних засобів.

Ці заходи та законодавство покликані сприяти розвитку ринку електромобілів в Україні та створенню сприятливих умов для їх використання. Проте, розвиток інфраструктури та прийняття нових законодавчих ініціатив продовжуються, щоб забезпечити ще більшу підтримку та стимулювання електромобільного сектора.

Дуже важливим та ефективним інструментом популяризації електромобілів в Україні стало встановлення нульових тарифів на акциз та імпортне мито на електромобілі.

В Україні запровадили систему «Зелених» номерів, які видаються власникам електромобілів. Зелені номери мають кілька основних переваг [1]:

1. Право паркування на спеціально відведених машино місцях;
2. Безперешкоджаний доступ до зарядних станцій;
3. Користування перевагами дорожніх знаків «Для електромобілів», «Крім електромобілів», «Станція зарядки електромобілів».

Також в Україні в 2022р. планувалось запустити програму субсидування відсоткової ставки лізингу електромобілів для збільшення кількості електромобілів на дорогах, проте через війну всі додаткові видатки з державного бюджету вимушено призупинились.

Отже, Україна зробила значні кроки для підтримки електромобілів та розвитку електромобільного сектора. Протягом останніх років уряд України впровадив ряд заходів, що сприяють популяризації та використанню електромобілів. Однак, можна вважати, що є потенціал для подальшого розвитку та зміцнення підтримки. Україна надає фінансові пільги, знижки на оподаткування та мито для електромобілів, а також підтримує розвиток інфраструктури зарядних станцій.

Програми ініціатив спрямовані на зниження вартості електромобілів та створення зручних умов для їх використання. Проте, можна вважати, що деякі аспекти підтримки електромобілів в Україні можуть бути ще подальшою розробкою. Наприклад, розширення мережі зарядних станцій, особливо у віддалених регіонах, може сприяти збільшенню придбання та використання електромобілів. Також можуть бути розглянуті додаткові заходи підтримки, такі як стимулювання розвитку місцевого виробництва електромобілів та батарей.

Україна продовжує працювати над вдосконаленням законодавства та політики щодо електромобілів, щоб забезпечити ще більшу підтримку та стимулювання цього екологічно чистого виду транспорту.

Висновок до розділу 1

1. Проаналізовано термін «електромобілі» та наведено їх класифікацію. Визначено основні компоненти будови електромобіля. Визначено два типи електричних двигунів та відзначено їх переваги. Визначено основні параметри акумуляторної батареї електромобіля. Перелічено основні компоненти високовольтної системи електромобіля. Проаналізовано 3 види перетворювачів

напруги, які використовуються в електромобілях. Перелічено функції теплового насосу. Визначено два типи зарядки електромобіля – звичайна та швидка.

2. Проведено аналіз процесів технічного обслуговування електромобілів. Визначено основні переваги конструкції електромобіля під призмою простоти технічного обслуговування. Визначено основні види регламентних робіт технічного обслуговування електромобілів. Проведено порівняльний аналіз технічного обслуговування електромобіля та автомобіля з традиційним ДВЗ. Проведено аналіз вартості обслуговування електромобіля та авто з ДВЗ. Проаналізовано гарантійні терміни експлуатації акумулятора провідних виробників електрокарів.

Перелічено основні принципи та рекомендації експлуатації акумуляторної батареї. Проаналізовано принципи експлуатації АКБ для продовження терміну їх експлуатації.

3. Проаналізовано основні нормативно-правові засади, які регламентують використання електромобілів в Україні. Визначено основні напрямки розвитку та популяризації електромобілів в Україні. Визначено основні державні заходи для стимулювання та популяризації електромобілів: фінансові пільги та субсидії, інфраструктура зарядних станцій, зниження експлуатаційних витрат, використання нормативних вимог та міжнародних стандартів. Перелічено переваги використання «зелених» номерів для електромобілів.

РОЗДІЛ 2

МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РІЗНІ АСПЕКТИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

2.1. Динаміка кількості електромобілів в Україні та світі

Щодня у світі неупинно збільшується кількість електромобілів та автомобілів з гібридними силовими установками. Тому важливо аналізувати різні статистичні дані щодо кількості електромобілів, популярних моделей, аналізу кількості по регіонах світу. Моніторинг цих даних є важливим інструментом для проектування транспортної інфраструктури для електромобілів. Розглянемо деякі статистичні дані по електромобілях.

За ініціативи учасників Ініціативи електромобілів (EVI) був розроблений звіт, який визначає та аналізує останні розробки в галузі електромобільності по цілому світу. Він називається Global EV Outlook 2023.

На рисунку 2.1 наведено динаміку кількості електромобілів у світі у розрізі років.

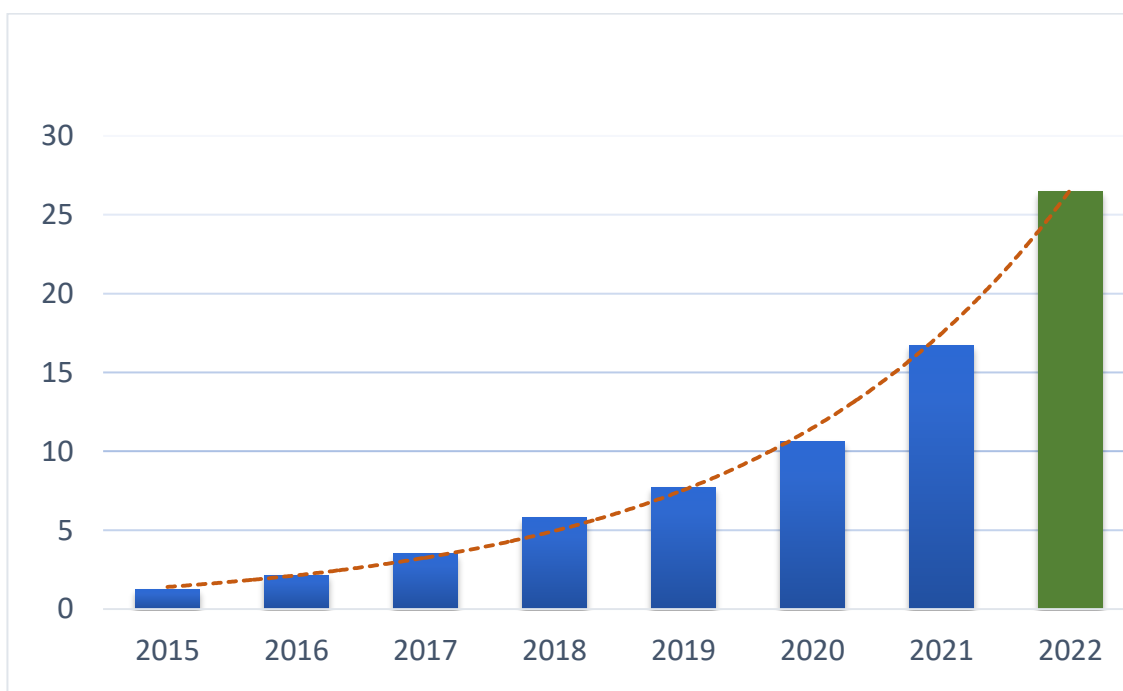


Рис.2.1. Динаміка кількості електромобілів у світі [52]

Проаналізувавши дану діаграму, можна зробити висновок, що кількість електромобілів у світі збільшується у мільйонах щороку. У 2022 році дорогами курсувало вже понад 26 мільйонів електрокарів.

2020 рік не показав значного зростання загальної кількості реєстрацій нових автомобілів. На світовий ринок усіх типів автомобілів негативно вплинула пандемія COVID-19 і економічний спад після неї. На тлі пандемії на початку року перспективи глобальних продажів електромобілів були досить непередбачуваними [52].

Однак, як показав час, 2020 рік виявився напрочуд позитивним: глобальні продажі електромобілів зросли на 43% порівняно з 2019 роком, а частка світового ринку електромобілів зросла до рекордних 4,6% у 2020 році [52].

2021 рік став великим кроком вперед для продажів електромобілів. Продажі електромобілів порівняно з 2020 роком подвоїлися до 6,75 млн. Кількість електромобілів, проданих за тиждень у 2021 році, була вищою, ніж кількість проданих за весь 2012 рік [52].

2022 рік став значущим та побив рекорди. Продажі електромобілів перевищили 10 мільйонів, причому 14% усіх проданих нових автомобілів були електричними, що значно перевищує цей показник порівняно з 9% у 2021 році та менше ніж 5% у 2020 році. Це призвело до того, що у 2022 році на глобальних дорогах пересувається понад 26 мільйонів електромобілів [52].

За даними Ініціативи електромобілів (EVI), половина світових електромобілів знаходяться в Китаї. Збільшення продажів електромобілів відрізнялося залежно від регіонів і силових агрегатів, але домінує Китайська Народна Республіка (далі «Китай»). У 2022 році продажі BEV у Китаї зросли на 60% порівняно з 2021 роком і досягли 4,4 мільйона, а продажі PHEV майже потроїлися до 1,5 мільйона. Розглянемо діаграму світового запасу електромобілів з критерієм континенту (США, Китай, Європа) та видом електромобіля (BEV, PHEV) на рисунку 2.2

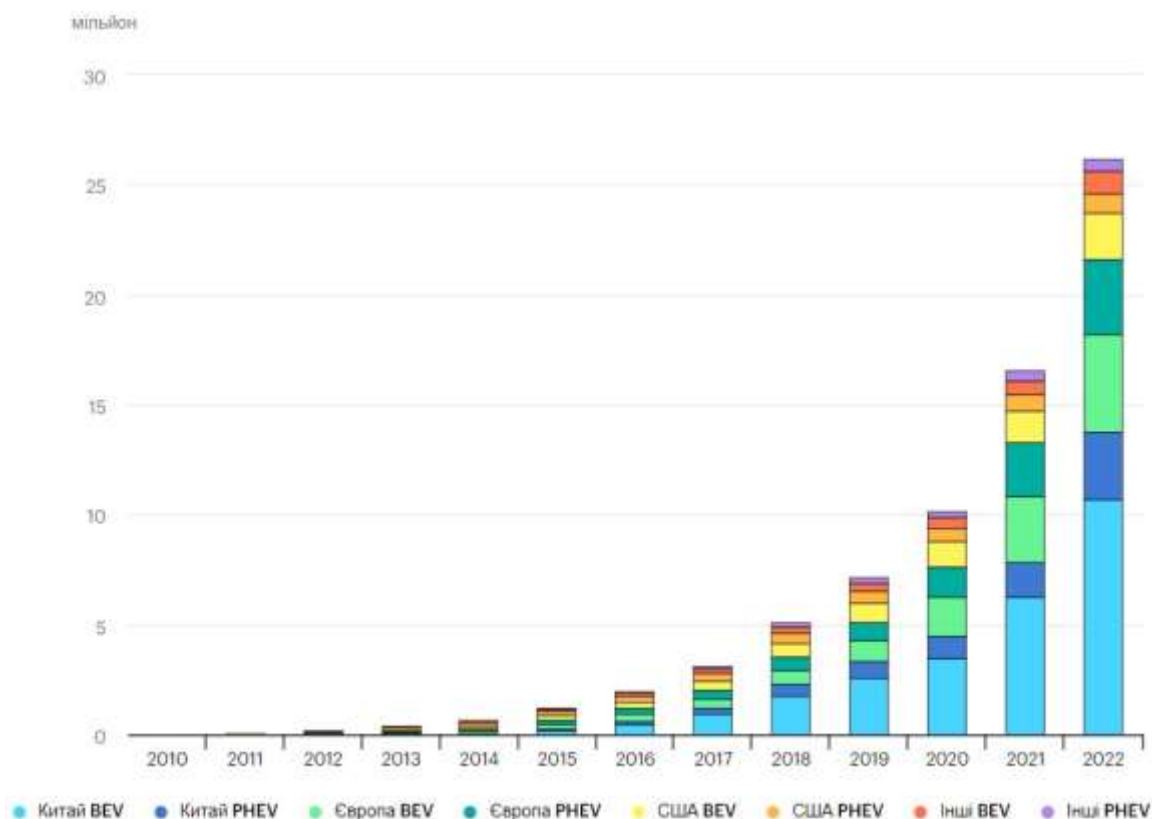


Рис.2.2 Світовий запас електромобілів 2010-2022рр. [34]

На Китай припадає майже 60% усіх реєстрацій нових електромобілів у світі. Вперше у 2022 році на Китай припало понад 50% усіх електромобілів на дорогах світу, загалом 13,8 мільйона. Це значне зростання є результатом більш ніж десятиліття постійної політичної підтримки нових користувачів, включаючи продовження стимулів для купівлі, які спочатку планувалося припинити в 2020 році до кінця 2022 року через Covid-19, на додаток до нефінансової підтримки, наприклад як швидке розгортання зарядної інфраструктури та суворі правила реєстрації неелектричних автомобілів [34].

У 2022 році частка електромобілів у загальному обсязі внутрішніх продажів автомобілів у Китаї досягла 29%, порівняно з 16% у 2021 році та менше 6% у 2018–2020 роках. Таким чином, Китай досяг своєї національної цілі до 2025 року щодо частки продажів у 20%. Усі показники вказують на подальше зростання: хоча національна ціль продажів NEV ще не оновлена Міністерством промисловості та інформаційних технологій Китаю (МІІТ), яке

відповідає за автомобільну промисловість, мета більшої електрифікації дорожнього транспорту знову підтверджується в кількох стратегічних документах. Китай прагне досягти 50% продажів до 2030 року в так званих «ключових регіонах контролю забруднення повітря» та 40% по всій країні до 2030 року для підтримки національного плану дій щодо досягнення піку викидів вуглецю. Якщо останні ринкові тенденції збережуться, цілі Китаю до 2030 року також можуть бути досягнуті раніше. Уряди провінцій також підтримують впровадження NEV, і на сьогодні 18 провінцій встановили цілі NEV [34].

Підтримка на регіональному рівні в Китаї також допомогла просунути деякі з найбільших у світі виробників електромобілів. Компанія BYD, що базується в Шеньчжені, постачає більшість міських електричних автобусів і таксі, і її лідируюча позиція також відображається в прагненні Шеньчженя досягти 60% частки продажів NEV до 2025 року. Гуанчжоу, який має частку продажів NEV у 50% до 2025 року, сприяв розширенню Xpeng Motors, щоб стати одним із національних лідерів електромобілів [34].

В Європі у 2022 році продажі електромобілів зросли більш ніж на 15% порівняно з 2021 роком і досягли 2,7 млн. У попередні роки продажі зростали швидше: річне зростання становило понад 65% у 2021 році та в середньому 40% у 2017-2019 роках. У 2022 році продажі BEV зросли на 30% порівняно з 2021 роком (порівняно зі зростанням на 65% у 2021 році порівняно з 2020 роком), тоді як продажі PHEV впали приблизно на 3%. На Європу припало 10% світового зростання продажів нових електромобілів. Незважаючи на уповільнення зростання у 2022 році, продажі електромобілів у Європі все ще збільшуються в умовах тривалого скорочення автомобільних ринків: загальний обсяг продажів автомобілів у Європі впав на 3% у 2022 році порівняно з 2021 роком [34].

У Сполучених Штатах продажі електромобілів зросли на 55% у 2022 році порівняно з 2021 роком, головним чином завдяки BEV. Продажі BEV зросли на 70%, досягнувши майже 800 000, підтверджуючи другий рік поспіль потужне

зростання після падіння в 2019-2020 роках. Продажі PHEV також зросли, хоча лише на 15%. Збільшення продажів електромобілів було особливо високим у Сполучених Штатах, враховуючи, що загальний обсяг продажів автомобілів у 2022 році впав на 8% порівняно з 2021 роком, що є набагато різкішим падінням, ніж середній світовий показник (мінус 3%). Загалом на Сполучені Штати припало 10% світового зростання продажів. Загальна кількість електромобілів досягла 3 мільйонів, що на 40% більше, ніж у 2021 році, і становить 10% від світової кількості. Частка електромобілів у загальному обсязі продажів автомобілів досягла майже 8%, порівняно з трохи вище 5% у 2021 році та близько 2% у 2018–2020 роках.

Проаналізувавши світову статистику електромобілів по кількості, варто дізнатись, які моделі електромобілів є найпопулярнішими у світі. За даними Дейва Ніколса, маркетингового копірайтера онлайн-дослідницького центру Lithia Motors і контенту GreenCars, список найбільш продаваних електромобілів у світі є таким [48]:

1. Tesla Model Y
2. Tesla Model 3
3. Chevrolet Bolt EV та EUV
4. Ford Mustang Mach-E
5. Volkswagen ID.4
6. Nissan Leaf
7. Audi e-tron I e-tron Sportback
8. Hyundai Kona Electric
9. Porsche Taycan
10. Hyundai Ioniq Electric.

За даними Інституту досліджень авто ринку, станом на кінець липня 2023 року в Україні було зареєстровано більше 64 тисяч електричних транспортних засобів. З них – 62,2 тисячі легкові автомобілі та 2 тисячі – вантажні автомобілі. Всього рік тому кількість електричних ТЗ в Україні становила 40,3 тисячі електричних ТЗ. Річний приріст становив 60% [27].

За даними Федерації автомобільної промисловості України, у липні 2023 року було зареєстровано 3260 електромобілів (легкові автомобілі з електричним приводом). Результати липня були більшими на 3,3% порівняно з результатами червня. У структурі продажів зростає кількість нових електромобілів. Їх частка складає 21,4% [25].

Аналізуючи статистику реєстрацій автомобілів з електричним приводом, можемо виділити 3 найпопулярніші марки електромобілів, які вибирають українці та зобразити їх на рисунку 2.3.

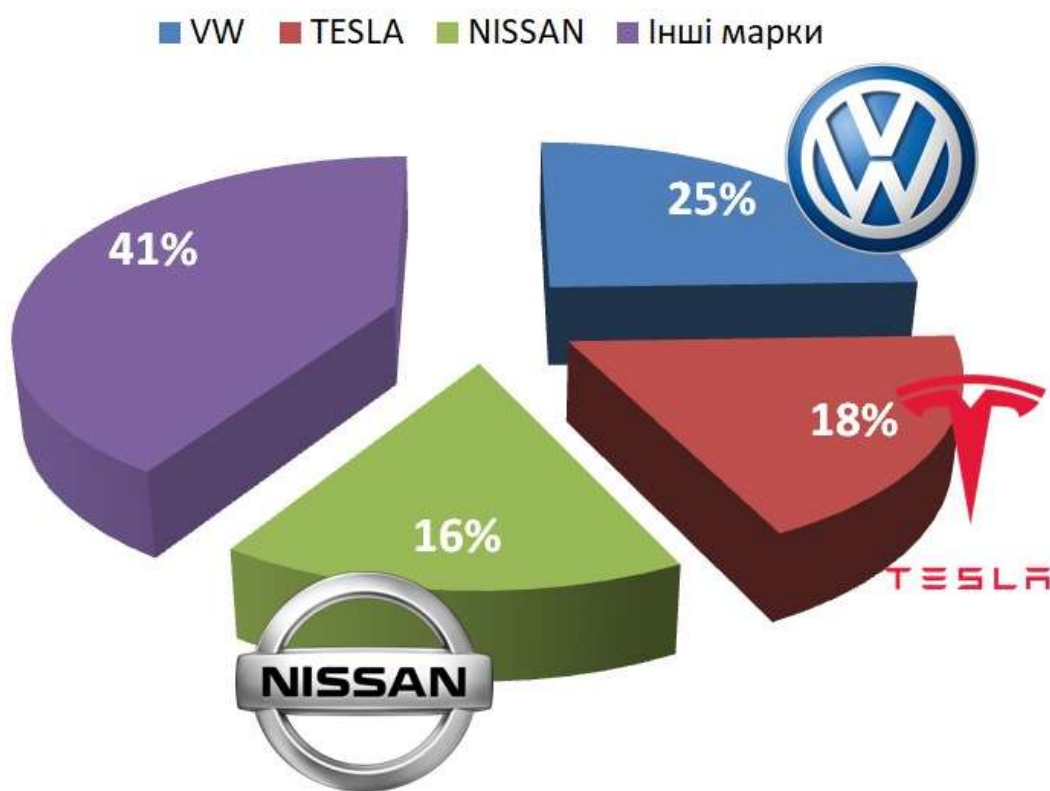


Рис.2.3 Найпопулярніші марки електромобілі в Україні

Лідерами ринку України серед електромобілів є Volkswagen, Tesla та Nissan. Найпопулярнішими моделями «електричок» є Nissan Leaf, VW E-golf, Tesla Model 3, VW ID.4.

Аналітичний центр Федерації автомобільної промисловості України підготував статистику електромобілів за найпопулярнішими моделями та

зробив порівняння кількості реєстрацій порівняно з 2022 роком. Статистику наведено на рисунку 2.4.

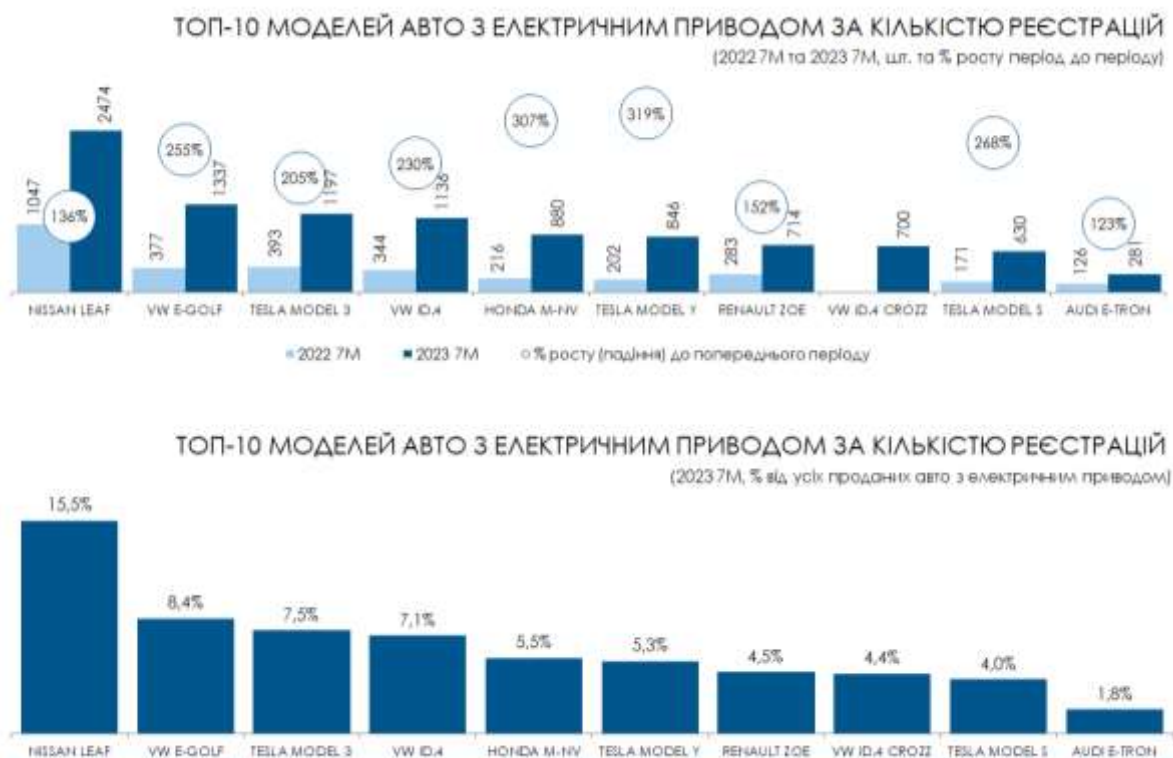


Рис.2.4. Топ-10 моделей електромобілів за кількістю реєстрацій [25]

Лідером по кількості реєстрацій є автомобіль Nissan Leaf. У вересні 2023 року електромобіль вперше потрапив у топ-5 імпорту вживаних авто. 588 вживаних автомобілів Nissan Leaf було імпортовано до України у вересні 2023 року.

Також Ініціатива електромобілів(EVI) надала статистику електромобілів за розміром та типом кузова. На основі їхніх даних ми склали діаграму (Рис.2.5).

Як бачимо, найпопулярнішими є SUV та середні за розміром автомобілі. На ринку традиційних автомобілів з ДВЗ великою популярністю теж користуються середні за розміром автомобілі або SUV.

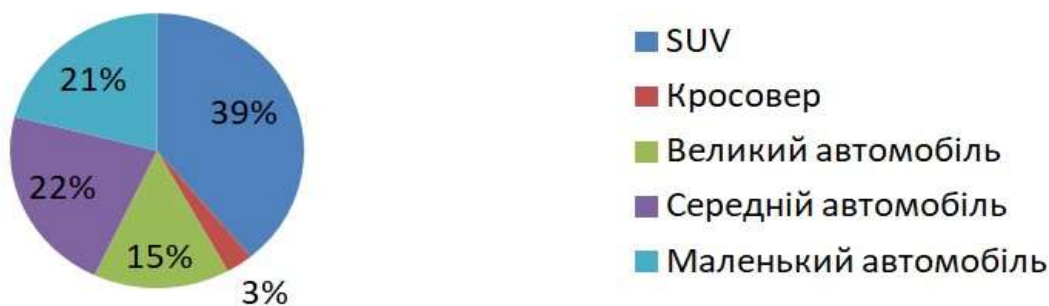


Рис.2.5. Кількість електромобілів за розміром кузова

Тому тенденції електромобілів є схожими до тенденцій традиційних автомобілів. Проте, електромобілі набагато стрімкіше завойовують ринок транспортних засобів, поступово витісняючи бензинових чи дизельних братів.

2.2. Вплив електромобілів на глобальний ринок нафти та навколишнє середовище

Електромобілі мають потенціал значно вплинути на глобальний ринок нафти та енергетичну безпеку. Ось кілька основних аспектів:

1. Зменшення залежності від нафти: Електромобілі не використовують бензин або дизельне паливо, що допомагає знизити попит на нафту як джерело енергії для автомобілів. Це може зменшити залежність країн від імпорту нафти та поліпшити їх енергетичну безпеку.
2. Розширення енергетичного міксу: Використання електромобілів сприяє розширенню енергетичного міксу країн, залучаючи більше відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія. Це допомагає зменшити вплив автомобільного сектора на забруднення повітря та глобальне потепління, сприяючи сталому розвитку.
3. Зміни на ринку нафти: Зі зростанням популярності електромобілів може відбутись зменшення попиту на нафту у автомобільній галузі. Це може мати вплив на ціни нафти та глобальний ринок нафтопродуктів. Виробники нафти та країни, що залежать від доходів від нафтового

експорту, можуть потребувати реструктуризації своєї економіки та диверсифікації енергетичного сектора. Інфраструктура зарядки: Розширення мережі зарядних станцій для електромобілів може стати важливим аспектом енергетичної безпеки. Розвиток інфраструктури зарядки сприяє швидшому прийняттю електромобілів та забезпечує стабільне енергопостачання для них.

Проте потрібно враховувати, що вплив електромобілів на глобальний ринок нафти та енергетичну безпеку є складним і залежить від багатьох факторів, таких як швидкість прийняття електромобілів, політичні рішення та розвиток енергетичної інфраструктури.

Сьогодні ціна електромобілів значно знизилась порівняно з колишніми аналогами, завдяки загальному розвитку галузі та зниженню витрат на технічне обслуговування. Розвиток технічно-організаційної інфраструктури та масове виробництво акумуляторів сприяють подальшому зниженню вартості, роблячи електромобілі більш доступними. Також важливою перевагою є менші амортизаційні витрати на технічне обслуговування, оскільки електромобілі не потребують палива і мастильних матеріалів. Ще однією перевагою електромобілів є зменшення шуму, оскільки їх електричні двигуни працюють значно тихіше, ніж двигуни внутрішнього згорання. З урахуванням постійного зростання цін на нафтопродукти та паливо, ринок електрокарів прогресивно розширюється і займає все більшу частку в автомобільній промисловості [6].

Європейський попит на нафту для руху легкових автомобілів падає протягом багатьох років. Багато експертів очікують більш різкого спаду в наступні роки, оскільки перехід до електромобілів поширюється по всьому світу. І це викликає питання про те, чи призведе різке зростання продажів електромобілів врешті-решт до змін на світовому ринку нафти, який зростає у середньому на 1-2 відсотки на рік протягом десятиліть і зараз становить 96 мільйонів барелів на день [6].

Міжнародне енергетичне агентство (МЕА), яке представляє 29 промислових країн-імпортерів нафти, готує передові прогнози, які

передбачають повільне впровадження електромобілів. Його базовий прогноз передбачає 150 мільйонів електромобілів на дорогах світу до 2030 року, або близько 10 відсотків усіх легкових транспортних засобів на той момент. Для порівняння, сьогодні в експлуатації лише два мільйони електромобілів – 0,2 відсотка з 1,2 мільярда на дорогах. За оцінками МЕА, цей перехід дозволить заощадити майже два мільйони барелів нафти на день, порівняно з його прогнозом, згідно з яким до 2040 року світ використовує щонайменше 70 мільйонів барелів нафти на день для транспортування. Такий рівень споживання становитиме 30 відсоток збільшення з приблизно 54 мільйонів барелів зараз [34].

Дослідження, проведене Інститутом транспортних досліджень Каліфорнійського університету в Девісі, показує, що заохочення купівлі електромобілів є лише одним із способів, за допомогою якого політики можуть допомогти поступово відмовитися від споживання нафти, що є одним із ключів до зменшення викидів парникових газів, які сприяють зміні клімату та шкідливому для здоров'я забрудненню [51].

Враховуючи домінування пасажирських транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння, які включають легкові автомобілі, позашляховики та легкі вантажівки, заміна їх усіх електричними моделями займе десятиліття. Автомобілі — це товари тривалого користування, які зазвичай залишаються в дорозі від 10 до 15 років. Не всі водії скоро купуватимуть нову машину, а тим паче електромобіль. Іншими словами, навіть якби (гіпотетично) усі продажі нових автомобілів миттєво перетворилися на електричні, бензинові автомобілі зникнуть десь після 2030 року. Крім того, легковий транспорт споживає лише близько 26 відсотків мастила, що використовується в усьому світі. Враховуючи ці вперті реалії та той факт, що електромобілі все ще складають крихітну частку продажів нових автомобілів, досягнення піку попиту на нафту до 2040 року вимагатиме більшого, ніж повсюдного переходу на електромобілі. Але разом з іншими тенденціями, що формуються, зростання електромобілів потенційно може революціонізувати

транспорт настільки, що споживання нафти припинить рости протягом цього періоду часу.

Навіть якби вся Європа з 2030 року дозволила продавати лише електромобілі, а Китай наслідував цей приклад до 2035 року, це не призвело б до пікового попиту на нафту до 2040 року. Згідно з дослідженнями Каліфорнійського університету, світове споживання нафти продовжувало б зростати аж до 2050 року, частково через те, що так багато автомобілів і вантажівок, що працюють на бензині та дизелі, особливо в країнах, що розвиваються, залишаються в експлуатації. Щоб побачити, чи може попит на нафту досягти піку до середини цього століття, якщо не раніше, Каліфорнійський університет розпочав дослідження, моделюючи вплив політики сталого розвитку міст на попит на нафту в майбутньому. Це важлива сфера аналізу, оскільки мери США та керівники муніципалітетів з усього світу підтвердили свою прихильність діям проти зміни клімату після того, як президент Дональд Трамп вирішив вийти з Паризької кліматичної угоди. У дослідженні зосередилися на чотирьох основних тенденціях: електрифікація транспортних засобів, послуги спільного використання поїздок, такі як Uber і Lyft, більш екологічні вантажні перевезення, які працюють на альтернативних видах палива або зменшують пробіг транспортних засобів за допомогою комп'ютерної оптимізації, а також міські зони, вільні від автомобілів. Виявлено, що створення більшої кількості пішохідних зон у великих містах значно вплине на глобальний попит на нафту. Ця практика – вже поширена в таких містах, як Копенгаген і Мадрид в Європі та Ченду в Китаї – може досягти максимального рівня попиту на нафту до 2030 року, якщо достатньо урядів агресивно заохочуватимуть водіїв переходити на електромобілі та вимагатимуть підвищення ефективності палива для автомобільних вантажних перевезень. . Вантажівки служать не так довго, як автомобілі, і багато країн розглядають політику заохочення використання природного газу, водню або електромобілів для важких вантажівок. Комерційний райдшеринг також може зменшити попит на нафту, зменшивши загальну кількість миль, якщо це

заохочує спільне використання автомобілів. Крім того, ця галузь може прискорити перехід до домінування електромобілів, якщо, як широко повідомляється, вона почне покладатися на парк автономних (безпілотних) транспортних засобів, які будуть переважно електричними. Але спільне використання поїздок може не зменшити попит на паливо в короткостроковій перспективі, якщо люди будуть частіше подорожувати та проїжджати більше миль на легкових автомобілях і менше покладатися на автобус, громадський транспорт чи міську електричку, ніж раніше. Деякі дослідження показують, що це може статися. Наприклад, вчені з Каліфорнійського університету в Берклі виявили, що третина опитаних пасажирів у Сан-Франциско користуються цими послугами замість громадського транспорту, а не для заміни поїздок на таксі чи власних автомобілях. Отже, немає жодної гарантії, що більше спільного використання поїздок означає, що ми будемо спалювати менше нафти [34].

Забруднення, спричинене транспортними засобами з двигуном внутрішнього згоряння, не обмежується вихлопними газами, що виходять із їхніх вихлопних труб. Процес видобутку нафти, переробки її на паливо та транспортування до автозаправних станцій також призводить до значного забруднення повітря. Ці викиди називаються викидами від свердловини до колеса або викидами вище за течією. Незважаючи на те, що сучасні виробники ДВЗ знизили викиди CO₂, процес виробництва продовжує негативно впливати на навколишнє середовище. Виробництво акумуляторів для електромобілів також створює викиди. Фактично, процес виробництва електромобілів може бути більш обтяжливим для навколишнього середовища, ніж процес виробництва ДВЗ. Тим не менш, електромобілі залишаються найчистішим варіантом транспортування, оскільки весь їхній життєвий цикл загалом є набагато більш екологічним. Завдяки тому, що вони використовують електроенергію як паливо, водіння компенсує їхні вищі викиди на виробництві. У середньому EV виробляє половину викидів вуглецю звичайного автомобіля протягом усього терміну експлуатації, повністю перевершуючи з точки зору стійкості [51].

Електромобілі відіграють важливу роль у зменшенні викидів та боротьбі зі зміною клімату. Можна назвати декілька пунктів, які пояснюють, як електромобілі сприяють зменшенню викидів: емісія від витрати палива, збільшення використання відновлювальної енергії, ефективність електромоторів, вплив на весь ланцюг постачання.

Електромобілі не мають вихлопних газів під час експлуатації, оскільки вони використовують електричну енергію замість спалювання палива. Тим самим електромобілі допомагають знизити викиди CO₂ та інших шкідливих речовин, що сприяє зменшенню ефекту теплиці та забрудненню повітря.

Електромобілі можуть бути заряджені за допомогою відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія. Використання електромобілів сприяє зростанню попиту на зелену енергію та стимулює розвиток відновлювальних джерел енергії.

Багато електромобілів мають систему рекуперації енергії, яка дозволяє відновлювати енергію під час гальмування. Енергія, яка зазвичай втрачається у вигляді тепла під час гальмування у традиційних автомобілів, може бути збережена та використана для зарядження батареї електромобіля. Це допомагає зберігати і використовувати більше енергії, зменшуючи тим самим потребу в додатковому зарядженні від електромережі.

Загалом, перехід до електромобілів може допомогти значно знизити викиди шкідливих речовин і забруднення довкілля. Однак важливо також враховувати спосіб виробництва електроенергії, оскільки, якщо вона генерується з використанням вуглеводневих палив або інших джерел, які викидають багато CO₂, користь може бути менш значною.

Провідна група кампанії чистого транспорту в Європі періодично проводить дослідження та моделювання впливу електромобілів на навколишнє середовище. Розглянемо одне з їх досліджень. У ньому працівники групи взяли до уваги всі можливі критерії, такі як кількість CO₂, що викидається під час виробництва електроенергії чи спалювання палива, а також вплив вуглецю від видобутку ресурсів для батарей або будівництва електростанції. Вони виявили,

що електромобілі в Європі викидають в середньому в 3 рази менше CO₂, ніж еквівалентні бензинові автомобілі [51].

За даними їхнього прогнозу, у найгіршому випадку електромобіль з акумулятором, вироблений у Китаї та керований у Польщі, все одно викидає на 37% менше CO₂, ніж бензин. І в найкращому випадку електромобіль з акумулятором, виробленим у Швеції та керованим у Швеції, може викидати на 83% менше, ніж бензин. Ми також бачимо, що електромобілі, придбані в 2030 році, скоротять викиди CO₂ в чотири рази завдяки мережі ЄС, яка все більше і більше покладається на відновлювані джерела енергії. Незважаючи на екологічні характеристики, викиди NEV і PHEV протягом життєвого циклу набагато ближчі до забруднення звичайних бензинових автомобілів, ніж BEV. Результати показують, що NEV досягає лише 21% скорочення викидів LCA порівняно з еквівалентним бензиновим автомобілем, тоді як покращення PHEV обмежені 26%. Для автомобілів, куплених у 2030 році, гібридний електромобіль, що працює на суміші електронного палива та бензину – згідно з прогнозами паливної промисловості – зменшить викиди протягом усього життєвого циклу лише на 5% порівняно з тим самим транспортним засобом, який працює на бензині. Якщо гібридний автомобіль працює на чистому відновлюваному електронному паливі – гіпотетичний сценарій, який навряд чи буде реалізований – він може викидати на 82% менше. Навіть тоді найчистіший електромобіль на акумуляторі все одно був би на 27% чистішим, ніж гібрид на чистому електронному паливі, в основному через низьку ефективність процесу виробництва електронного палива [51].

Перехід людства на більш екологічні джерела енергії — важливий крок до кращого майбутнього. Адже вже зараз деякі локальні екосистеми світу потерпають від зміни клімату на планеті. За даними Української кліматичної мережі, посилення парникового ефекту викликають парникові гази CO₂ (вуглекислий газ), CH₄ (метан) та N₂O (закис азоту), які виникають внаслідок використання викопного палива. Згідно з дослідженнями міжнародної наукової спільноти Deep Carbon Observatory, викиди вуглецю від діяльності людини

перевищують 360 тонн на рік. Країни Європи вже впроваджують більш жорсткі обмеження щодо рівня викидів вуглецю з транспортних засобів. Водночас світові автовиробники активно переходять на нульові викиди CO₂ завдяки переходу на електрокари. За даними AUTO-Consulting, до 2023 року в Європі будуть введені в експлуатацію 16 великих заводів із виробництва літій-іонних акумуляторних батарей. Компанія Jaguar Land Rover вже готова до нових змін на світовому ринку автомобільного виробництва. Свій перший повністю електричний автомобіль Jaguar I-PACE компанія презентувала в Україні у грудні 2018 року. Електрокар має нульові показники викидів CO₂ та швидко завоював прихильність автовласників [28].

2.3. Сучасні тенденції проектування та виробництва електромобілів

Аналізуючи велику кількість опитувань потенційних покупців електромобілів, важливою складовою надання переваги електромобілю, а не традиційному авто з ДВЗ, є запас ходу електромобіля. Запас ходу електромобіля напряму залежить від об'єму акумуляторної батареї. У електромобілях використовуються 4 види акумуляторів:

1. Літій-іонні акумулятори;
2. Нікель-металгідридні батареї;
3. Свинцево-кислотні акумулятори;
4. Ультраконденсатори.

Більшість сучасних електромобілів використовують літій-іонні акумулятори. Це та сама технологія, яка використовується в смартфонах і портативних комп'ютерах і відома тим, що має високе співвідношення потужності до ваги. Даний тип акумуляторів має чудову ефективність при високій температурі і наразі він є найкращим варіантом для стабільного заряду, використання, і звичайно потенційній переробці. Однак літій-іонні батареї піддаються серйозній перевірці через не дуже екологічний спосіб видобутку матеріалів для них. Наприклад, для очищення однієї тонни літію потрібно 500

000 галонів води [30].

На сьогоднішній день, діапазон запасу ходу електромобіля варіюється від 161 км до 837 км. Лідером електромобілів по запасу ходу є флагманська модель американського виробника електромобілів Lucid Air Dream Edition Range. Приголомшливі цифри запасу ходу заставили всіх науковців, розробників та техніків задуматись, який склад та компонування має батарея Lucid Air Dream Edition Range.

Munro & Associates, компанія, що спеціалізується на зворотному проектуванні та порівняльному аналізі демонтажу розібрала батарею Lucid Air Grand Touring. Модулі встановлюються на композитну підлогу з епоксидного скловолокна, матеріал, який, як повідомляється, забезпечує чудову теплоізоляцію та стійкість до корозії. Для структурних цілей підлога має оброблені алюмінієві елементи спереду, ззаду та з боків. Інша алюмінієва відливка ділить батарею в центрі на дві секції. Кожен модуль поділено на 10 частин, по 30 циліндричних комірок для кожної частини, тобто 300 комірок на модуль. Згідно з цим підрахунком, одна батарея Lucid Air Grand Touring мала б 6600 елементів. Що робить цю батарею унікальною, так це кришки з трьох аркушів (SMC), ще один стиснутий високоміцний матеріал, який, як стверджують інженери, сприяє утриманню упаковки разом. Ці матеріали утримуються разом структурними клеями, велика частка яких ускладнила інженерам розібрати цю батарею Lucid Air. Система керування батареєю (BMS), її мозок, простими словами, інтегрована в друковану плату (PCBA), яка, на думку інженерів, була найбільшою з усіх, які вони бачили. Батарея Lucid Air мала не один, а два таких мізки – дві друковані плати BMS з надзвичайно великим розміром. За словами інженерів, Tesla PCBA була набагато меншою [41].

На рисунку 2.6 зображена акумуляторна батарея Lucid Air Dream Edition Range.



Рис.2.6 Батарея Lucid Air Dream Edition Range [42]

Одним із недоліків батареї Lucid Air є розмір однієї з шин – суцільної металевої шини, яка переносить струм між модулями. Через алюмінієве лиття в центрі, яке розділяє батарею на дві частини, Lucid довелося використовувати більшу центральну шину, що може збільшити витрати та зайняти багато місця. За словами інженерів, менші U-подібні шини є більш практичними. Іншим недоліком цієї батареї є те, що певні частини важче розібрати порівняно з батареями Tesla або Rivian, які відносно легше розібрати, а отже, можливо, також легше обслуговувати. Загалом інженери вважали, що філософія Lucid полягає в тому, щоб зробити все «якомога щільніше та щільніше» [42].

На сьогоднішній день, практично всі виробники електромобілів почали працювати над виробництвом твердотільних акумуляторних батарей. Твердотільний акумулятор має вищу щільність енергії, ніж літій-іонний акумулятор, який використовує рідкий розчин електроліту. Він не має ризику вибуху чи пожежі, тому немає необхідності встановлювати туди компоненти безпеки, що економить більше місця і дозволяє збільшити об'єм батареї [53].

Відсутність легкозаймистого рідкого електроліту знижує ризик пожежі, що робить акумулятор безпечнішим порівняно з рідким акумулятором.

Випробування в лабораторіях як в Японії, так і в Європі показали великий потенціал батареї, і Toyota нещодавно оголосила про прорив із твердотільною батареєю. На початку липня японський автовиробник заявив, що спростив процес виробництва матеріалів, які використовуються для їх виготовлення. Toyota, другий за величиною виробник автомобілів у світі, заявила, що планує виробляти автомобілі з твердотільними акумуляторами до 2025 року [32].

Завдяки вищій щільності енергії твердотільна батарея забезпечить живлення автомобіля на великі відстані, отже покращуючи запас ходу, що є ключовою проблемою як для споживачів, так і для виробників, коли справа доходить до електромобілів. Технологія твердотільних акумуляторів настільки важлива, що Volkswagen став найбільшим акціонером QuantamScape, компанії з виробництва твердотільних акумуляторів, заснованої в 2010 році. Наприкінці липня акції компанії різко зросли після новин про співпрацю з партнером у автомобільній галузі. промисловості про потенційний запуск свого першого комерційного продукту [32].

Mercedes Benz, зі свого боку, планує перейти на повністю електрику до 2030 року. Вони також підписали партнерські відносини з такими компаніями, як Prologium, тайванський розробник і виробник твердотільних акумуляторів [32].

Але, поряд із численними перевагами, вважається, що твердотільний акумулятор також має менший термін служби. У цих батареях можуть утворюватися та зростати тріщини, сказав DW Лоренц Олбріх, докторант кафедри матеріалознавства Оксфордського університету, «отже, термін служби батареї менший» [32].

Популярною тенденцією у сфері проектування та виробництва електромобілів є спрощення їх конструкції або об'єднання елементів будови в один агрегат. Nissan представив стратегію модульної трансмісії, яка отримала назву «X-in-1». «X-in-1» є модульною трансмісією, яка об'єднує в собі 3 основні компоненти електромобіля: електродвигун, інвертор та редуктор. Дана

технологія дозволить скоротити вартість виробництва гібридних автомобілів та електромобілів на 30%. Розумна частина стратегії X-in-1 полягає в тому, що частина двигуна внутрішнього згоряння гібридної трансмісії була розроблена з компонентами електронного двигуна EV, інтегрованими в його структуру, а також додатковим модульним генератором і відповідним набором передач, що зменшує вагу, і розмір, а також вартість. Генеральний директор Nissan Макото Учїда вважає, що серія гібридних силових агрегатів Nissan, які будуть мати маркування e-Power, коштуватиме не більше, ніж звичайний двигун внутрішнього згоряння та трансмісія до 2026 року, забезпечуючи при цьому більш плавне водіння з точним контролем крутного моменту, а також значно покращену економію палива. Однак інженери Nissan також вважають, що вони можуть зробити свої електромобілі не дорожчими за автомобілі з ДВС, частково за рахунок економії масштабу стратегії X-in-1, а частково за рахунок використання твердотільних акумуляторів [45].

Розглянемо схематичне зображення технології модульної трансмісії «X-in-1» на рисунку 2.7.



Рис.2.7. Загальна будова модульної трансмісії «X-in-1» [45]

Концепт Toyota FT-3e демонструє радикально зменшений електричний механізм, який дозволяє отримати значно більше простору всередині

автомобіля, враховуючи його низьку висоту та спортивний дизайн. Toyota FT-3e Concept базується на новій електричній архітектурі, яка має на меті зробити автомобіль з запасом ходу 560-620 миль, використовуючи більш тонкі акумуляторні блоки, які водночас є більш енергомісткими та мають меншу висоту підлоги. Завдяки зменшенню двигунів і системи вентиляції, вентиляції та кондиціонування повітря FT-3e забезпечує досягнення феноменальних розмірів простору інтер'єру автомобіля [45].

Аналізуючи сучасні електромобілі, можна звернути увагу на особливості будови кузову електромобіля. Сучасний дизайн електромобіля поєднує в собі дизайнерські та технологічні рішення.

За словами Моні Іслама, керівника розвитку аеродинаміки Audi, аеродинаміка відіграє вирішальну роль у визначенні запасу ходу електромобіля. Тому при розробці першого повністю електричного автомобіля Audi E-tron однією з головних речей було досягнення максимального значення аеродинаміки [38]. На рисунку 2.8 зображено процес випробування Audi E-tron в аеродинамічній трубі.



Рис.2.8. Audi E-Tron в аеродинамічній трубі [38]

Audi E-tron став лідером серед SUV автомобілів, отримавши найнижчий

коефіцієнт лобового опору – 0,27. З точки зору запасу ходу, даний показник дозволив виграти приблизно 35 кілометрів запасу ходу. Такий показник інженери Audi досягнули завдяки впровадженню віртуальних дзеркал (див. рис.2.9) [38]. Також, варто відзначити, що електромобіль Audi E-tron є першою серійною моделлю Audi із закритим повітряним потоком [38].



Рис.2.9. Віртуальні бокові дзеркала Audi E-tron [38]

Популяризація електромобілів змусила автомобільних виробників розширювати гаму типів кузовів електромобілів. Якщо у 2012 році були доступними тільки хетчбек (Nissan Leaf) та бізнес-седан (Tesla Model S), то сьогодні електромобіль можна побачити в будь-якому типі кузова. Значним проривом у сфері транспортних засобів з електричним приводом, став випуск вантажних автомобілів з електричними двигунами.

У 2022 році в усьому світі було продано майже 66 000 електричних автобусів і 60 000 вантажівок середньої та великої вантажопідйомності, що становить приблизно 4,5% від усіх продажів автобусів і 1,2% від продажів вантажівок у всьому світі [34].

Велика кількість виробників вантажівок вже розробила та запустила у продаж свої моделі з електричним приводом. У березні 2020

року Renault розпочала серійне виробництво своїх електричних вантажівок D і D Wide ZE на своєму заводі в Бленвіль-сюр-Орн. Ще в листопаді 2019 року компанія Volvo оголосила про початок продажів своїх електричних вантажівок Volvo FL і Volvo FE на окремих ринках Європи. У лютому 2020 року Scania розгорнула дві дистриб'юторські вантажівки Scania на акумуляторних батареях в Осло, Норвегія, для норвезького оптового продавця ASKO. Daimler (DDAIF) є найбільшим у світі виробником вантажівок. Портфоліо електронних вантажівок Daimler включає Freightliner eCascadia та eM2, Mercedes-Benz eActros, Mercedes-Benz eEconic та FUSO eCanter [49].

Згідно авторитетної європейської класифікації легкових автомобілів, вони діляться на такі класи:



Рис.2.10.Європейська класифікація автомобілів [12]


Для зручності аналізу гами моделей електромобілів відповідно до європейської класифікації складемо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Представники електромобілів в кожному класі авто

Клас автомобіля	Перелік представників - електромобілів	Фото для прикладу
А - клас	VW E-up, Renault Twingo Z.E., Fiat 500 Elettrica, Smart Fortwo EQ	
В - клас	Peugeot E-208, Opel Corsa-E	
С - клас	VW E-Golf, Nissan Leaf, Mercedes-Benz B – class Electric, Hyundai Ioniq, Chevrolet Volt, BMW i3	
D – клас, Е - клас	Tesla Model 3, BMW i5, Lucid Air, Mercedes-Benz EQE, Xpeng P7, Audi E-tron GT	
F-клас	Tesla Model S, BMW i7, Mercedes-Benz EQE	
S - клас	Maserati Granturismo Folgore, Rimac Nevera, Lotus Evija	
М - клас	Ford E-Tourneo, VW ID Buzz, Kia Carnival EV, Volvo EM90, Xpeng X9	

Представники електромобілів в кожному класі авто

Клас автомобіля	Перелік представників - електромобілів	Фото для прикладу
J - клас	KIA EV6, BMW iX, Skoda Enyaq, VW ID4, VW ID6, TESLA Y/X, Audi Q4 E-tron, E-tron, Genesis GV60, GV80, Ford Mustang E-match	

Складено на основі [12]

Проаналізувавши складену нами таблицю, можна зробити висновок, що на даний час вже є велика кількість електромобілів різних класів, різних за розміром, за потужністю, за вартістю. Щодо вантажних автомобілів, компанія VOLVO «електрифікувала» весь модельний ряд своїх вантажних автомобілів, які мають різне призначення.

Дослідивши велику кількість інформації в популярних технічних виданнях та журналах та провівши детальний її аналіз, можна виділити 4 основні напрямки розвитку та сучасні тенденції конструювання електромобілів (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Сучасні тенденції розвитку електромобілів

Таким чином, основними тенденціями будівництва та конструкції електромобілів є збільшення запасу ходу за рахунок розробки нових акумуляторів та розширення гами кузовів для їх популяризації серед населення.

Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано та досліджено кількість електромобілів у світі, які використовуються. Визначено основні найпопулярніші марки та моделі електромобілів та регіони, в яких вони використовуються. Лідером по кількості електромобілів на сьогоднішній день є Китай. Найбільш продаваним електромобілем у світі є Tesla Model Y. Проведено аналіз ринку електромобілів в Україні. Найбільш популярними електромобілями є Nissan Leaf, VW E-golf та VW ID4. Кількість електромобілів в Україні щороку зростає, що є позитивною тенденцією.

2. Визначено основні аспекти впливу електромобілів на глобальний ринок нафти: зменшення залежності від нафти, розширення енергетичного міксу, зміни на ринку нафти та інфраструктура зарядки електромобілів. Відзначено, що популяризація електромобілів серед населення є серйозним інструментом впливу на ринок нафти, проте тривалим у часі, оскільки заміна всіх автомобілів з ДВЗ на електромобілі займе десятиліття. Визначено основні аспекти екологічності електромобілів: відсутність вихлопних газів, зарядка відновлюваними джерелами енергетики та система рекуперації.

3. Проаналізовано сучасні світові тенденції розвитку електромобілів. Визначено, що основними тенденціями є виробництво та проектування нового типу акумуляторних батарей, покращення аеродинаміки за рахунок розвитку цифрових технологій, спрощення конструкції електромобіля за рахунок об'єднання агрегатів та збільшення лінійки асортименту електромобіля. Відзначено, що застосування твердотільних акумуляторів в електромобілях дасть значний поштовх в їх популяризації серед населення. Об'єднання

агрегатів дозволить здешевити вартість виробництва електромобіля, що також вплине на рівень їх популярності серед населення.

РОЗДІЛ 3

ШЛЯХИ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ НИХ

3.1. Популяризація використання електромобілів для комерційних потреб

За даними звіту Міжнародного енергетичного агентства, у 2022 році в усьому світі було продано майже 66000 електричних автобусів і 60000 вантажівок середньої та великої вантажопідйомності, що становить приблизно 4,5% від усіх продажів автобусів і 1,2% від продажів вантажівок у всьому світі. Китай продовжує домінувати у виробництві та продажах електричних (і на паливних елементах) вантажівок і автобусів. У 2022 році 54000 нових електробусів і приблизно 52000 електричних вантажівок середньої та великої вантажопідйомності були продані в Китаї, що становить 18% і 4% від загального обсягу продажів у Китаї та приблизно 80% і 85% світових продажів відповідно. Крім того, багато автобусів і вантажівок, які продаються в Латинській Америці, Північній Америці та Європі, є китайськими марками [34].

Завдяки своїй екологічності, низьким операційним витратам і технологічним перевагам, електромобілі стали важливою альтернативою для підприємств, які прагнуть покращити свою ефективність і знизити вплив на навколишнє середовище. Тому популяризація використання електромобілів для комерційних потреб є важливою як для бізнесу, так і для держави.

Зростаюча ціна на паливо та ростучі обмеження на викиди вуглекислого газу вимагають від підприємств переглянути свій парк автотранспорту. Електромобілі споживають менше енергії, що дозволяє зменшити витрати на паливо, особливо при масовому використанні. Крім того, їх можна заряджати за допомогою відновлювальних джерел енергії, що дозволяє компаніям зменшити

вплив на навколишнє середовище та дотримуватися стандартів сталого розвитку.

Проаналізувавши велику кількість статистичної інформації, прочитавши статті та відгуки про електромобілі, ми можемо назвати ряд переваг використання електромобілів на комерційній основі:

1. Економічна вигода на пальному;
2. Простота та частота технічного обслуговування;
3. Високий рівень надійності при великому навантаженні;
4. Можливість заряджання відновлювальними джерелами енергетики.

Розберемо кожну перевагу детальніше. Для аналізу економічної переваги за основу візьмемо невелике підприємство, яке використовує дизельний фургон Peugeot Expert. Даний автомобіль ідеально підходить для порівняння, оскільки він має версію з електричним двигуном. Проаналізуємо пробіг автомобіля з дизельним агрегатом за 3 роки експлуатації.

Таблиця 3.1

Аналіз пробігу Peugeot Expert за 3 роки експлуатації

Щоденний пробіг, км	200
Пробіг за 1 місяць, км	4 400
Річний пробіг, км	52 800
Пробіг за 3 роки, км	158 400

Складено на основі [14]

Наступним кроком є обрахунок вартості пального та вартості зарядки на 1 км пробігу. Для зручності використовуємо таблицю та беремо дані стосовно норми використання пального з офіційного сайту дистриб'ютора Peugeot в Україні. Вартість 1 літри дизельного пального на 03.11.2023р. становить 57 грн. 99 коп. [5]. Вартість 1 кіловату електроенергії для юридичної особи становить 5,6 грн. На основі цих даних складемо таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Порівняння витрат на пальне(електроенергію) автомобіля Peugeot Expert

Автомобіль	Peugeot Expert 2.0 D	Peugeot e-Expert
Нормативна витрата палива (електроенергії)	6,4 л / 100 км	22,72 Квт.год./100 км
Вартість 1 одиниці	57,99 грн	5,6 грн
Вартість 1 км пробігу	3,71 грн	1,27 грн
Вартість пального за пробіг 158 400 км	587 664,00 грн	201 168,00 грн

Складено на основі [14]

Провівши порівняльний аналіз, ми отримали кінцеві цифри витрат на пальне або електроенергію за 3 роки автомобіля на підприємстві. Витрати на пальне дизельного автомобіля у 2,9 разів вищі за витрати на зарядку електромобіля.

Наступним важливим чинником переваги електромобіля є низька частота та вартість його технічного обслуговування. У 1 розділі даної роботи ми аналізували вартість та частоту технічного обслуговування електромобіля та автомобіля з ДВЗ. Вартість регламентного ТО електромобіля в рази дешевша за вартість обслуговування автомобіля з ДВЗ. Складемо таблицю 3.3 порівняння вартості обслуговування автомобілів Peugeot Expert 2.0D та Peugeot E-Expert.

Таблиця 3.3

Порівняння регламентних робіт Peugeot Expert 2.0D та Peugeot E-Expert

Peugeot Expert 2.0D		Peugeot E-Expert	
Пробіг, км	Вартість ТО, грн	Пробіг	Вартість ТО, грн
20 000	5692	25 000	840
40 000	9587	50 000	2628

Порівняння регламентних робіт Peugeot Expert 2.0D та Peugeot E-Expert

Peugeot Expert 2.0D		Peugeot E-Expert	
Пробіг, км	Вартість ТО,грн	Пробіг	Вартість ТО
60 000	5692	75 000	840
80 000	8649	100 000	1814
100 000	6740	125 000	2670
120 000	8691	150 000	882
140 000	5818	175 000	882
160 000	25134		
Загальна сума	760038	Загальна сума	10556

Складено на основі [23]

Враховуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що вартість обслуговування електромобіля майже в 7 разів дешевша за вартість обслуговування автомобіля з ДВЗ. Також, важливою складовою є нижча частота обслуговування та менший об'єм робіт, що унеможливить прості ТЗ на ремонтні роботи.

Електромобіль є значно дешевшим в обслуговуванні та має суттєво нижчі витрати на зарядку (так називається процес заправки електромобіля електроенергією). Проте, вартість електромобіля значно перевищує вартість звичайного автомобіля з двигуном внутрішнього згорання.

На прикладі автомобілів Peugeot Expert, версія з електричною силовою установкою дорожча на близько 800 тисяч гривень. Стан розвитку та виробництва електромобілів на даний час не дозволяє досягти аналогічної собівартості виробництва з традиційними автомобілями. Ефективним інструментом рішення даної проблеми є покупка китайських вантажних фургонів з електричною силовою установкою. Доволі вагомим дешевшим конкурентом електрофургону Peugeot E-Expert є китайський електричний фургон Saic Maxus E-Deliver 3(рис.3.1), який має однакову ціну з дизельним

Peugeot Expert. Розглянемо основні характеристики даного автомобіля у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Основні характеристики Saic Maxus E-Deliver 3

Найменування характеристики	Значення
Тип кузова	Фургон
Довжина, мм	5090
Ширина, мм	1780
Висота, мм	1910
Кількість дверей	5
Привід	Передній
Потужність електродвигуна	88 кВт / 122 к.с.
Пробіг по системі NEDC, км	300
Місткість батареї, кВт/год	42,8
Батарея	Літієва
Максимальна швидкість, км/год	90
Ціна, долар США	26 000

Складено на основі [47]

Отже, якщо взяти аналогічний по ціні фургон з електричним приводом, сума економії на пальному та технічному обслуговуванні буде доволі вагомою та дозволить підприємству використати заощаджені кошти для подальшого розвитку.

Дуже потужною кампанією по впровадженню електромобілів на комерційній основі зайнялась американська компанія Amazon. Спеціально для своїх потреб, спільно з американським виробником електромобілів Rivian, вони створили вантажний фургон Rivian EDV (Electric Delivery Van). У 2019 році Amazon стала співзасновником The Climate Pledge і взяла на себе зобов'язання досягти нульового викиду вуглецю до 2040 року. У рамках цієї обіцянки Amazon також оголосила про партнерство з Rivian, щоб вивести на дороги 100

000 електричних транспортних засобів до 2030 року, і приступила до розробки нового сучасного транспортного засобу доставки. За три короткі роки простий ескіз перетворився на нестандартні електричні транспортні засоби доставки, які сьогодні є на дорозі. Зі своїм зобов'язанням вивести всі 100 000 електричних транспортних засобів на дорогах до 2030 року Amazon усуне мільйони метричних тонн вуглецю на рік [37].

На даний час, на дорогах США їздить 10 тисяч таких фургонів. Amazon встановив понад 12 000 зарядних пристроїв на більше ста станції доставки США [37]. Спеціальні електромобілі Amazon (рис.3.2) оснащені найкращими в галузі функціями безпеки, навігації та дизайну, зокрема такими:

- Безпека на першому місці, зосереджена на чудовій 360-градусній видимості та функціях автомобіля, які захищають водіїв і пішоходів.
- Набір інноваційних функцій безпеки, включаючи датчики виявлення, велике лобове скло для покращення видимості водія, автоматичне екстрене гальмування, адаптивний круїз-контроль і попередження про зіткнення.
- Перша у своєму роді вбудована технологія, яка повністю інтегрує робочий процес доставки з транспортним засобом, забезпечуючи безперешкодний доступ до маршрутів, навігації, підтримки водія тощо.
- Функції для покращення досвіду водія та створення зручності в дорозі, такі як автоматичне блокування/відмикання дверей, коли водій наближається до автомобіля або залишає його, а також двері перегородки з електроприводом, які відкриваються, коли водії досягають місця доставки.
- Вентильовані сидіння для швидкого нагріву та охолодження.
- Посилені двері з боку водія для додаткового захисту та ергономічна кабіна водія та вантажний відсік для безпечного та легкого переміщення всередині фургона [37].

Для економії витрат на заряджання електромобіля підприємство може встановити сонячну зарядну станцію для електромобіля. Сонячні панелі

виробляють електроенергію з сонячного світла, яка може зберігатись в акумуляторах або безпосередньо використовуватись для зарядки електромобілів [36].



Рис.3.2. Rivian EDV [37]

Процес передбачає встановлення системи сонячних панелей на вашому даху або у дворі та підключення її до зарядної станції для електромобілів. Зарядна станція для електромобілів відповідає за перетворення електроенергії постійного струму, виробленої сонячними батареями, в електроенергію змінного струму, яку можна використовувати для зарядки вашого автомобіля. За оцінками, для живлення свого транспортного засобу потрібно близько 3500 кВт-год на рік, і для цього потрібна сонячна система потужністю 2-5 кВт-год. Зарядка електромобіля від сонячної енергії також вважається дешевшою, ніж зарядка від електромережі або громадських зарядних пристроїв для електромобілів [36].

Проаналізувавши економічні показники ефективності електромобілів та вивчивши іноземний досвід, ми можемо запропонувати схему популяризації використання електромобілів для комерційних потреб (рис. 3.3), яка буде включати елементи підтримки держави, такі як надання пільгових кредитів або надання податкових пільг власникам електромобілів.

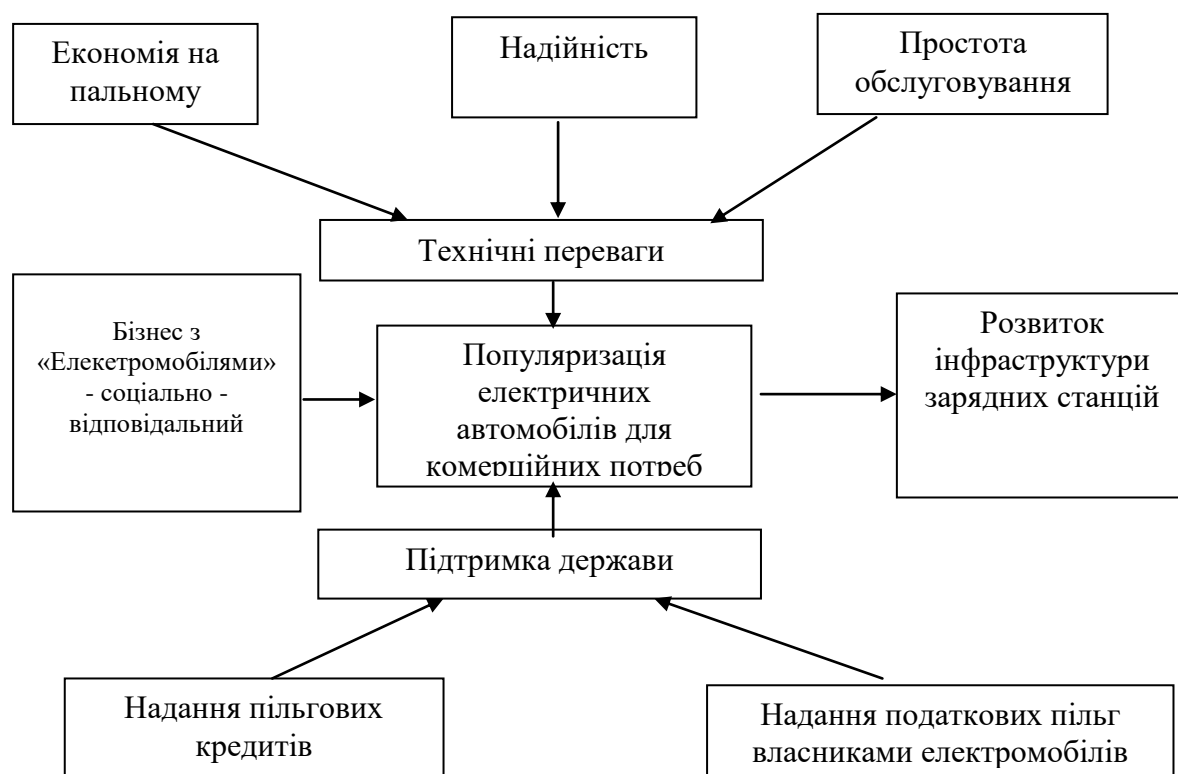


Рис. 3.2. Схема популяризації використання електромобілів для комерційних потреб

Складено автором

Таким чином, популяризація використання електромобілів для комерційних потреб включає підтримку держави та технічні переваги електромобілів, які можуть слугувати елементом маркетингової стратегії виробників автомобілів.

3.2. Перспективи розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів

Розвиток електромобілів став однією з найактуальніших та перспективних тенденцій у світовій автомобільній промисловості. За останні десятиліття ця галузь пережила значний прогрес у виробництві і впровадженні електричних автомобілів. Зараз електромобілі стають більш доступними, довіреними і дружніми до навколишнього середовища транспортними засобами. У цьому контексті важливо розглянути перспективи подальшого розвитку цієї індустрії.

На нашу думку, є кілька основних перспективних напрямків розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів, які ми зобразимо на рисунку 3.3.



Рис.3.3. Напрямки розвитку технічних аспектів електромобілів

Складено автором

У будь-якій розмові про електромобілі (EV) завжди є одна людина, яка наводить той самий аргумент: зарядка. Питання заряджання, здається, часто є основною проблемою, яку піднімають критики або скептики щодо електромобілів, піднімаючи питання про те, наскільки легко знайти зарядну точку, як швидко заряджати автомобіль тощо.

Масове впровадження бездротових зарядок для електромобілів дасть значний поштовх галузі. Як і ваш телефон, бездротова зарядка електромобілів використовує резонансну електромагнітну індукцію для передачі електричного струму, процес, який також називають індуктивним заряджанням. Ваш телефон має магнітну котушку всередині, яка отримує електроенергію від магнітної

катушки всередині зарядної панелі. Бездротова зарядка для електромобілів працює так само, з магнітною катушкою в зарядному пристрої, яка посиляє струм на магнітну катушку на днищі автомобіля. Коли дві колодки вирівнюються, починається заряджання. Бездротова зарядка для електромобілів вважається такою ж ефективною та швидкою, як зарядка за допомогою розетки. Наприклад, більшість розеток електромобілів мають рейтинг ефективності 80-95 відсотків. Згідно з WiTricity, провідним постачальником, їхні бездротові зарядні пристрої для електромобілів досягають 90-93 відсотків ефективності. Бездротова зарядка для електромобілів також може забезпечити зарядну потужність до 20 кВт, що, по суті, є швидкістю заряджання рівня 2, і немає жодних технологічних обмежень, які перешкоджають вищій швидкості. Проте швидкості рівня нагнітача не очікуються на ринку найближчим часом. Технологія не нова, Qualcomm, наприклад, дебютувала з системою Halo у 2012 році. Але останніми роками інтерес зріс із зростанням продажів електромобілів [36].

Є кілька варіантів бездротової зарядки електромобілів:

- Статична зарядка EV (домашня або офісна зарядна станція) - Статична зарядка EV просто означає, що EV не рухається під час зарядки. Замість того, щоб підключатися до розетки, обладнаний бездротовим зв'язком EV, який фіксується над встановленою бездротовою зарядною катушкою у відведеному місці;
- Динамічна зарядка EV (дороги та шосе) - очікується, що індукційну зарядку вбудують у дороги, щоб власники могли постійно заряджати свої електромобілі під час руху. Вона працюватиме так само, як звичайна бездротова зарядка, і, як очікується, працюватиме безперебійно на швидкості до 65 миль/год, дозволяючи власникам електромобілів їздити на великі відстані, не зупиняючись для зарядки або ризикуючи розрядитися. Не дивно, що це буде дорого коштувати [33].

Автовиробник Stellantis вже працює над рішенням для встановлення бездротової зарядки для електромобілів на певних дорогах. У вересні 2021 року штат Мічиган оголосив про партнерство з Electreon для створення першої бездротової зарядної дороги для електромобілів у США, ділянки протяжністю одну милю в Детройті, яка буде доступна для громадськості після завершення будівництва [33].

Основні переваги бездротової зарядки:

1. Відсутність кабелів. За визначенням, головною перевагою бездротової зарядки електромобілів є відсутність кабелів. Власникам електромобілів не потрібно носити з собою важкі зарядні кабелі або підключати свої автомобілі до розетки на кожній зарядній станції, що зменшує хвилювання про запас ходу;
2. Зниження ризику нещасних випадків. Кабелі для зарядки електромобілів можуть з часом пошкодитися, особливо в умовах сильної спеки та холоду, що може бути небезпечним для автомобіля та його власника. Відсутність кабелів означає менший ризик;
3. Більше зручності. Бездротова зарядка просто зручніша, навіть коли доступна лише як статична зарядка – і уявіть собі зручність, коли динамічна зарядка стане реальністю;
4. Економія часу. Хоча бездротова зарядка не швидша за звичайну зарядку електромобілів, проте Ви заощаджуєте трохи часу, оскільки вам не потрібно виходити з автомобіля, щоб підключитися до розетки тощо. І знову ж таки, як тільки динамічна зарядка стане реальністю, кількість часу, заощадженого на зарядці, може бути суттєвий [33].

Компанія Plugless Power є провідним постачальником рішень для бездротової зарядки. Бездротовий зарядний пристрій компанії Plugless Power третього покоління вартує близько 3500 доларів США. Серйозним гравцем на ринку бездротових зарядок електромобілів є американська компанія WiTricity.

Зарядні панелі WiTricity (Рис.3.4) можна встановити на землі, наприклад, у приватній резиденції, на під'їзді чи в гаражі; або в землі, закопані в тротуар стоянки чи узбіччя як громадська зарядна інфраструктура [33].

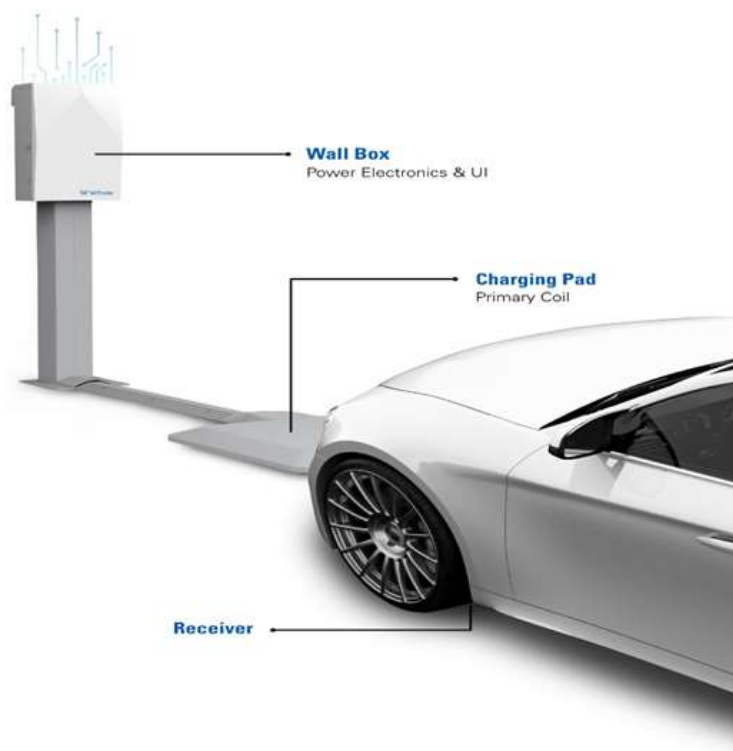


Рис.3.4. Схема бездротової зарядки WiTricity [33]

Основні елементи даної зарядки:

1. Настінна коробка (Wall Box) - містить необхідну потужну електроніку, яка перетворює мережеве живлення у високочастотну енергію, яка доставляється на зарядну панель;
2. Зарядний блок (Charging Pad) - містить первинну котушку разом із феритовою, екрануючою та резонансною мережею, яка перетворює високочастотну енергію від настінної коробки в магнітне поле, яке можна використовувати для ефективної передачі енергії до приймача автомобіля;

3. Автомобільний приймач (Receiver) - Приймач у транспортному засобі вловлює енергію від магнітного поля, створюваного зарядним майданчиком, і перетворює енергію на постійний струм для живлення електромобіля та зарядки його акумулятора [33].

Зростання сегмента ринку безпроводних зарядних станцій відбувається завдяки проривним розробкам нових інженерних компаній і світових автовиробників, які активно інвестують у розробку систем бездротової зарядки.

Більшість попиту на заряджання зараз задовольняється за рахунок домашньої зарядки, але щоразу все більше потрібні загальнодоступні зарядні пристрої, щоб забезпечити такий же рівень зручності та доступності, як і для заправки звичайних транспортних засобів. Зокрема, у густонаселених міських районах, де доступ до домашньої зарядки є більш обмеженим, громадська зарядна інфраструктура є ключовим фактором впровадження електромобілів. Наприкінці 2022 року в усьому світі налічувалося 2,7 мільйона громадських зарядних станцій, понад 900 000 з яких було встановлено у 2022 році, що приблизно на 55% більше, ніж у 2021 році, і порівняно з темпами зростання на 50% до пандемії між 2015 і 2015 роками. 2019 рік [34].

Розгортання громадської зарядної інфраструктури в очікуванні зростання продажів електромобілів має вирішальне значення для широкого впровадження електромобілів. Зростання продажів електромобілів можна підтримувати, лише якщо попит на зарядку буде задоволено доступною та доступною інфраструктурою, або через приватні зарядки вдома чи на роботі, або загальнодоступні зарядні станції. Проте, більш важливою, ніж кількість доступних громадських зарядних пристроїв, є загальна потужність громадської зарядки на EV, враховуючи, що швидкі зарядні пристрої можуть обслуговувати більше EV, ніж повільні зарядні пристрої. На ранніх етапах впровадження електромобілів доцільно, щоб доступна зарядна потужність для кожного електромобіля була високою, припускаючи, що використання зарядних пристроїв буде відносно низьким, доки ринок не зріє та використання інфраструктури не стане більш ефективним.

Розвиток мережі зарядних станцій для електромобілів в Україні - це актуальний та перспективний процес, що відбувається в країні. Ще кілька років тому інфраструктура зарядних станцій була обмежена, але зростаючий попит на електромобілі і урядова підтримка сприяють її активному розширенню. Україна бачить потенціал у зменшенні викидів CO₂ та стимулюванні зеленої транспортної системи. У цьому контексті уряд сприяє інвестиціям у будівництво та розширення мережі зарядних станцій, в тому числі швидких та ультра спрощених. Крім того, приватні ініціативи та бізнес-проекти також активно розвиваються в цій сфері. Зарядні станції в Україні розташовані у різних містах, на автомагістралях та на заправних станціях. Це дозволяє власникам електромобілів зручно та ефективно користуватися своїми автомобілями, надаючи їм більшу мобільність і незалежність. Загалом, розвиток мережі зарядних станцій українській суспільству може значно полегшити перехід до більш екологічного виду транспорту та сприяти зменшенню шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Еволюція акумуляторних батарей також є дуже перспективним, на нашу думку, напрямком розвитку технічних аспектів функціонування електромобілів. На даний час у світі в розробці перебувають такі види батарей [30]:

1. Електроди з вуглецевих нанотрубок. NAWA Technologies розробила та запатентувала ультра швидкий вугільний електрод, який може замінювати батареї, як ми їх знаємо. Для цього використовується вертикально розташована вуглецева нанотрубка, яка може збільшити заряд батареї в десять разів у порівнянні з поточними акумуляторами. Він також може збільшити накопичення енергії втричі та збільшити життєвий цикл батареї в п'ять разів. NAWA каже, що для досягнення 80-відсоткового заряду час зарядки триватиме всього п'ять хвилин. Ця технологія може бути запущена у виробництво вже у 2023 році.

2. Безкобальтові батареї. Техаський університет працює над літій-іонною батареєю, яка не використовує кобальт як катод. Натомість він

використовує до 89 відсотків нікелю, а також алюмінію та марганцю. Мотивація полягає в тому, що кобальт є рідкісним, дорогим і шкідливим джерелом. Команда з U of T каже, що їхні батареї також виробляють більш елегантний розподіл іонів.

3. Китайська компанія під назвою SVOLT виробляє безкобальтові акумулятори для ринку електромобілів. Вони стверджують, що мають вищу щільність енергії, що забезпечує запас ходу автомобіля приблизно до 500 миль на одному заряді.

4. Батареї з кремнієвим анодом. Шукаючи ліки від нестабільного кремнію в літій-іонних батареях, дослідники з Університету Східної Фінляндії розробили метод виробництва гібридного анода, який використовує мікрочастинки мезопористого кремнію та вуглецеві нанотрубки. Вони сподіваються замінити графіт як анод і замінити його кремнієм, який має вдесятеро більшу ємність. Мета полягає в тому, щоб це покращило продуктивність акумулятора. Найкраще те, що джерело цього силікону є безпечним для землі, оскільки він виготовлений із золи лушпиння ячменю.

5. Батарея, видобута з морської води. IBM Research виявила новий хімічний склад батареї, який не містить важких металів і може перевищувати продуктивність літій-іонних батарей. Матеріали добувають із морської води. IBM каже, що ці батареї будуть дешевшими у виготовленні, вони зможуть заряджатися швидше та матимуть вищу щільність енергії та потужність. Зараз компанія працює з Mercedes-Benz над розробкою технології.

6. Повітряно-цинкові батареї. Дослідники з Сіднейського університету знайшли спосіб виготовляти повітряно-цинкові батареї набагато дешевше, ніж коштують сучасні методи. Повітряно-цинкові батареї перевершують літій-іонні батареї, оскільки вони не можуть спалахнути. Проблема полягала в тому, що повітряно-цинкові батареї виготовляються з дуже дорогих компонентів, але університет знайшов спосіб використовувати набагато дешевші альтернативи. Отже, незабаром можуть з'явитися дешевші та безпечніші акумулятори.

7. Твердотільні батареї. На разі вони є найбільш потенційно застосованими у електромобілях. Практично всі автомобільні компанії вкладають велику кількість коштів у розробку та вдосконалення таких акумуляторів. Solid Power Inc. виробляє твердотільні батареї для електромобілів, використовуючи повністю твердотільні елементи на основі сульфідів. Тим часом QuantumScape розробляє твердотільні акумулятори для Volkswagen. Є надія, що ці батареї, що змінюють правила гри, будуть використовуватися в електромобілях до 2026 року.

У відповідь на серйозні екологічні та енергетичні кризи світ все більше зосереджується на електромобілях (EV) і пов'язаних з ними нових технологіях. Сенсорні технології, технології керування та телематика є ключем до надійного автономного водіння. Інтеграція та взаємодоповнюваність електромобілів і автономного керування стане важливою можливістю для майбутнього розумного транспорту та розумних міст. Відповідно до стандартів рівня SAE J3016™ було визначено шість рівнів автоматизації водіння, включаючи «Без автоматизації», «Допомога водієві», «Часткова автоматизація», «Умовна автоматизація», «Висока автоматизація» та «Повна автоматизація» [39]

Основні переваги інтеграції автономного водіння [29]:

8. Дві інновації водночас. Інновації в автомобільних технологіях часто коштують дорого і, як правило, спочатку застосовуються в автомобілях преміум-класу. Перші користувачі, які пропонують високі надбавки за продукт, зазвичай зосереджуються на «диференціації технологій» як стимулі для покупки, тобто вони очікують від автовиробників інтеграції якомога більшої кількості інновацій, таких як технології електроприводу та автономного водіння. Оскільки ці продукти стають доступнішими через зниження вартості інновацій, початковий попит на продукт перших користувачів буде поширений на масовий ринок;

9. Простіша реалізація автономних функцій на електромобілях. Оскільки технологія автономного водіння включає велику кількість бортових датчиків із

високопродуктивним обчислювальним обладнанням, вона висуває вищі вимоги до електричної підсистеми автомобіля. В даний час звичайні ДВЗ зазвичай використовують електричну систему 12 В, що забезпечується свинцево-кислотними акумуляторами. Навпаки, акумуляторні батареї для електромобілів, безсумнівно, можуть забезпечити адекватне джерело живлення та більш гнучке регулювання напруги, що означає, що електромобілі забезпечать більшу свободу для розгортання технології автономного водіння. Набагато легше керувати акумуляторною батареєю та електродвигуном, ніж ДВС із тисячами механічних частин і складною проводкою. Завдяки цим перевагам науково-дослідні компанії з автономного водіння, зокрема GM, Nissan і Google, використовували електромобілі як стартову платформу для впровадження технології автономного водіння;

10. Розширення діапазону водіння за рахунок автономності. Найбільш серйозною проблемою для розробки електромобілів є занепокоєння запасом ходу, саме тому всі виробники електромобілів прагнуть запровадити будь-яку технологію, яка може збільшити запас ходу. Прогнози показують, що технологія автономного водіння, як очікується, розширить діапазон водіння на 5% до 10% без модернізації апаратного забезпечення завдяки плавності прискорення, уповільнення та рульового керування, що забезпечується вдосконаленими моделями прогнозування та алгоритмами прийняття рішень. Незважаючи на те, що точну швидкість необхідно додатково кількісно визначити на основі експериментальних даних, це не перешкоджає привабливості прогнозу. Таким чином, автовиробники можуть інвестувати в технологію автономного водіння, щоб зменшити «занепокоєння про дальність» електромобіля (та сама ціна, більший запас ходу) або знизити витрати на виробництво (такий же запас ходу, менші батареї).

Таким чином, основними тенденціями розвитку електромобілів є розробка нових акумуляторів та зменшення терміну їх зарядки.

Висновки до розділу 3

1. Запропоновано схему популяризації використання електромобілів для комерційних потреб. Зроблено порівняльний аналіз вартості користування дизельним та електричним вантажним фургоном. Визначено основні переваги електричного вантажного фургону.

Відзначено технічні переваги використання електромобіля на комерційній основі. Проведено аналіз кампанії електрифікації автопарку Amazon та запропоновано реалізувати подібні проекти в Україні. Реалізація подібних проектів в Україні дозволить збільшити кількість комерційних електромобілів, що у свою чергу призведе до зростання підприємств.

2. Запропоновано основні напрямки розвитку технічних аспектів електромобілів: бездротові зарядки для електромобілів, розвиток інфраструктури швидкісних зарядок, еволюція технологій акумуляторів, інтеграція автономного водіння та інтеграція енергетичної екосистеми та екологічне виробництво. Масове впровадження бездротових зарядок для електромобілів дасть значний поштовх галузі. Запропоновано розширювати інфраструктуру швидкісних зарядок, оскільки велика кількість потенційних споживачів все – ще утримуються від покупки електромобілів через довгий процес зарядки. Важливим напрямком розвитку є еволюція акумуляторних батарей. За рахунок розвитку твердотільних та інших видів акумуляторів можна збільшити запас ходу і підвищити екологічність виробництва електромобілів. Проаналізовано та запропоновано варіанти інтеграції автономного водіння в електромобілях. Конструкція електромобіля дозволяє набагато легше впроваджувати в себе різні технічні «новинки», оскільки немає проблем із живленням. Інтеграція автономного водіння дасть можливість розширити діапазон водіння та збільшити запас ходу електромобіля.

ВИСНОВКИ

Мета дипломної роботи полягала у дослідженні технологічних особливостей будови електромобілів, їх експлуатації і розробці практичних рекомендацій щодо популяризації застосування електромобілів для комерційних потреб. Підводячи підсумок проведеним у цій дипломній роботі дослідженням необхідно зробити низку висновків. Зокрема:

1. Проаналізовано термін «електромобілі» та наведено їх класифікацію. Визначено основні компоненти будови електромобіля. Визначено два типи електричних двигунів та відзначено їх переваги. Визначено основні параметри акумуляторної батареї електромобіля. Перелічено основні компоненти високовольтної системи електромобіля.

2. Проведено аналіз процесів технічного обслуговування електромобілів. Визначено основні переваги конструкції електромобіля під призмою простоти технічного обслуговування. Визначено основні види регламентних робіт технічного обслуговування електромобілів. Проведено аналіз вартості обслуговування електромобіля та авто з ДВЗ.

3. Проаналізовано основні нормативно-правові засади, які регламентують використання електромобілів в Україні. Визначено основні напрямки розвитку та популяризації електромобілів в Україні. Визначено основні державні заходи для стимулювання та популяризації електромобілів

Перелічено переваги використання «зелених» номерів для електромобілів.

4. Проаналізовано та досліджено кількість електромобілів у світі, які використовуються. Визначено основні найпопулярніші марки та моделі електромобілів та регіони, в яких вони використовуються. Проведено аналіз ринку електромобілів в Україні.

5. Визначено основні аспекти впливу електромобілів на глобальний ринок нафти. Визначено основні аспекти екологічності електромобілів: відсутність

вихлопних газів, зарядка відновлюваними джерелами енергетики та система рекуперації.

6. Проаналізовано сучасні світові тенденції розвитку електромобілів. Визначено, що основними тенденціями є виробництво та проектування нового типу акумуляторних батарей, покращення аеродинаміки за рахунок розвитку цифрових технологій, спрощення конструкції електромобіля за рахунок об'єднання агрегатів та збільшення лінійки асортименту електромобіля.

7. Запропоновано схему популяризації використання електромобілів для комерційних потреб. Зроблено порівняльний аналіз вартості користування дизельним та електричним вантажним фургоном. Визначено основні переваги електричного вантажного фургона. Відзначено технічні переваги використання електромобіля на комерційній основі.

8. Запропоновано основні напрямки розвитку технічних аспектів електромобілів. Запропоновано розширювати інфраструктуру швидкісних зарядок. Проаналізовано та запропоновано варіанти інтеграції автономного водіння в електромобілях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів : Закон України від 24.02.2023 р. № 2956-IX. *Офіційний вісник України*. Від 04.04.2023. № 33, стор. 64, стаття 1755, код акта 117322/2023
2. Про транспорт : Закон України від 10 листопада 1994 р. № 232/94- ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 51. Ст. 446.
3. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05 квітня 2001 р. № 2344-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 22. Ст. 105.
4. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Чинний від 01.07.2011р. Вид. офіц. Київ, 2011. 28 с.
5. Вартість пального. *ОККО*. URL: <https://www.okko.ua/fuels> (дата звернення 03.11.2023)
6. Використання електромобілів із нульовими викидами вуглекислого газу поліпшує стан екології. *EcoCars*. URL: <https://ecocars.in.ua/vikoristannya-elektromobiliv-polipshuye-stan-ekologii/> (дата звернення 01.10.2023)
7. Гладій Б.О. Автомати і автоматика. Автоматичне регулювання систем автомобіля. Електронні здавачі: фондова лекція. Новороздільський політехнічний коледж, 2009.
8. Гнатов А.В. Будова гібридних автомобілів і електромобілів: конспект лекцій. Харків, 2021.
9. Гутареивч Ю.Ф. та ін. Екологія та автомобільний транспорт : навчальний посібник . Київ : Арістей, 2006. 292 с.
10. Дикун Т.В. Організація дорожнього руху : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. 64с.

11. Дмитренко В.С. Введення в технологічні процеси на автомобільному транспорті : лабораторний практикум. Івано-Франківськ: Факел, 2012. 46 с.
12. Європейська класифікація легкових автомобілів. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%84%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D0%B2 (дата звернення 07.10.2023)
13. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2017. 140 с.
14. Звітність фірми ПП "ІВА-ТРАНС" за 2022р.
15. Інфорграфіка: будова високовольтної системи Tesla Model Y. *Босх Авто Сервіс 112 Україна*. URL: <https://boschservice.lviv.ua/inforgrafika-budova-visokovolno%D1%97-sistemi-tesla-model-y-na/> (дата звернення 14.08.2023)
16. Клименко М. О., Скрипчук П. М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології : підручник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2006. 368 с.
17. Кубіч В. І. Гібридні силові установки легкових автомобілів : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 193 с.
18. Малиш Н. А. Формування та розвиток електромобільної галузі в Україні : матеріали Міжнародної конференції (Київ, 24–25 квіт. 2012 р.) : Київ : Центр еколог. освіти та інформації, 2012. С. 240– 244.
19. Мисків Т. Г., Данілова Ж. Д., Жовнич В. І. Аналіз гібридного приводу автомобіля Toyota Prius. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", №838. 2016.С.194-201
20. Петришак П.В., Кравчук Р.С. Основні елементи будови електромобіля//Збірник тез доповідей науково-практичної конференції

«Актуальні проблеми глобалізованого світу», 19 жовтня 2023 року – Івано-Франківськ: НАІР, 2023.с.23-24

21. Петришак П.В., Кравчук Р.С. Вплив електромобілів на глобальний ринок нафти//Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Актуальні проблеми глобалізованого світу», 19 жовтня 2023 року – Івано-Франківськ: НАІР, 2023.с.57-59

22. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електронне та мікропроцесорне обладнання автомобілів: навч. посіб. Тернопіль: ТНТУ, 2016. 209 с.

23. Регламентне ТО. *Автопассаж*. URL: <https://peugeot-autopassage.com/to-za-fiksovanoyu-vartistyu/> (дата звернення 24.10.2023)

24. Регламентне ТО. *Ниссан Віді Армада*. URL: <https://nissan-kyiv.com.ua/ua/service/regulations-to/> (дата звернення 30.08.2023)

25. Реєстрації електромобілів за 7 місяців 2023 року. *Федерація роботодавців автомобільної галузі*. URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrافika/reiestratsiyi-elektromobiliv-za-7-misiatsiv-2023-roku?fbclid=IwAR1yVbUOEncbUA815PGs4vRMZ-pOWIk2EJ2HxCUyCGFQGE4JY51XHpjdQZM> (дата звернення 27.09.2023)

26. Скільки часу потрібно для зарядки електромобіля? *L.Riker* URL: <https://lriker.com.ua/news/skilki-chasu-potribno-dlya-zaryadki-elektromobilya> (дата звернення 27.10.2023)

27. У липні з-за кордону привезли рекордну кількість вживаних електромобілів. Топ-20 моделей. *Інститут досліджень авторинку*. URL: <https://eauto.org.ua/news/361-u-lipni-z-za-kordonu-priviezli-rekordnu-kilkist-vzhivanih-elektromobiliv-top-20-modeley> (дата звернення 29.08.2023)

28. All Electric Jaguar I-Pace. *Jaguar USA*. URL: <https://www.jaguarusa.com/all-models/i-pace/index.html> (дата звернення 02.10.2023)

29. Autonomous Driving Technologies in Electric Vehicles. *Encyclopedia*. URL: <https://encyclopedia.pub/entry/26731> (дата звернення 15.10.2023)

30. Batteries Overview of EV Batteries. *GreenCars*. URL: <https://www.greencars.com/greencars-101/overview-of-ev-batteries> (дата звернення 02.10.2023)

31. BMW electric vehicle service schedule. *BMW Of Schererville*. URL: <https://www.bmwofschererville.com/service/bmw-ev-maintenance/> (дата звернення 29.08.2023)

32. Carmakers race to develop solid-state batteries for EVs. *DW*. URL: <https://www.dw.com/en/carmakers-race-to-develop-solid-state-batteries-for-evs/a-66356520> (дата звернення 09.09.2023)

33. Differentiate your EVs with wireless charging. *Witricity*. URL: <https://witricity.com/> (дата звернення 09.09.2023)

34. EIV Global EV Outlook 2023. *IEA*. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023> (дата звернення 04.09.2023)

35. Electric Vehicle Charging Levels, Modes and Types Explained | North America Vs. Europe Charging cables and plug types. *E-mobility Simplified*. URL: <https://www.emobilitysimplified.com/2019/10/ev-charging-levels-modes-types-explained.html> (дата звернення 15.08.2023)

36. EV charging and solar energy integration. *Linkedin*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/ev-charging-solar-energy-integration-ivan-kuchin-arfbf> (дата звернення 27.08.2023)

37. Everything you need to know about Amazon's electric delivery vans from Rivian. *Amazon*. URL: <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/everything-you-need-to-know-about-amazons-electric-delivery-vans-from-rivian> (дата звернення 20.09.2023)

38. How aerodynamics influence an electric car's range. *Audi*. URL: [audi.com/en/innovation/product-innovation/design/e-tron-aerodynamic.html](https://www.audi.com/en/innovation/product-innovation/design/e-tron-aerodynamic.html) (дата звернення 20.10.2023)

39. How clean are electric cars? *Transportenvironment*. URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> (дата звернення 20.10.2023)

40. Hybrid & Electric Vehicles: A CRC Press Freebok. *Routledge*. URL: https://www.routledge.com/rsc/downloads/CRC_Hybrid_Vehicles_Freebook.pdf (дата звернення 09.08.2023)

41. Lucid Air Battery Teardown: Cutting-Edge Engineering Secrets Revealed. *InsideEvs*. URL: <https://insideevs.com/news/671037/lucid-air-battery-teardown-engineering-disassembly/> (дата звернення 10.09.2023)

42. Lucid Air GrandTouring. *LucidMotors*. URL: <https://lucidmotors.com/air-grand-touring>

43. Maintenance Service Intervals. *Tesla*. URL: https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_us/GUID-E95DAAD9-646E-4249-9930-B109ED7B1D91.html (дата звернення 10.09.2023)

44. New Study: How Long Do Electric Car Batteries Last? *RecurrentAuto*. URL: <https://www.recurrentauto.com/research/how-long-do-ev-batteries-last> (дата звернення 10.10.2023)

45. Nissan CEO Uchida: Solid State Batteries Will Be a "Game Changer" for Next-Gen EVs. *Motor Trend*. URL: <https://www.motortrend.com/news/nissan-ceo-makoto-uchida-solid-state-batteries-ev-hybrid-2028/?galleryimageid=d2d5559a-61d6-4ec3-a00c-818d593a0475> (дата звернення 10.10.2023)

46. Saic eDELIVER 3. *SaicMaxus*. URL: <https://saicmaxus.co.uk/our-range/edeliver-3/> (дата звернення 10.10.2023)

47. Saic Maxus E-Deliver 3. *Elektri4ka*. URL: <https://elektri4ka.com.ua/ru/cars/saic-maxus-ev30/> (дата звернення 10.10.2023)

48. The Best-Selling Electric Cars of 2023. *GreenCars*. URL: <https://www.greencars.com/expert-insights/the-best-selling-electric-cars-of-2023>

49. The Big Players In The Emerging Electric Trucks Trend. *Nasdaq*. URL: <https://www.nasdaq.com/articles/the-big-players-in-the-emerging-electric-trucks-trend-2020-06-25> (дата звернення 04.10.2023)

50. The Future of EV Batteries. *GreenCars*. URL: <https://www.greencars.com/greencars-101/the-future-of-ev-batteries> (дата звернення 10.10.2023)

51. The Impact of Electric Cars on the Oil Industry: How the rise of electric cars is changing the dynamics of the global oil market. *Cyber Switching*. URL: <https://cyberswitching.com/the-impact-of-electric-cars-on-the-oil-industry-how-the-rise-of-electric-cars-is-changing-the-dynamics-of-the-global-oil-market/> (дата звернення 08.10.2023)

52. Virta the global electric vehicle market overview in 2023: statistics & forecasts. *Virta*. URL: <https://www.virta.global/en/global-electric-vehicle-market> (дата звернення 01.09.2023)

53. What is a Solid-state Battery? *Samsung*. URL: <https://www.samsungsdi.com/column/technology/detail/56462.html?listType=gallery> (дата звернення 10.09.2023)