

УДК 629.341

РЕТРОСПЕКТИВА ОСНОВНИХ ЕТАПІВ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ. ЧАСТИНА 2

А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено аналіз електромобілебудування на останніх етапах його розвитку. Подано стислий опис кожного з них. Визначено основні тенденції розвитку електромобілів, як на цей час, так і на найближче майбутнє. Зазначено, що електромобілі здобули популярність у всьому світі, про що свідчить політика багатьох країн щодо заохочення громадян купувати їх.

Ключові слова: електромобіль, акумуляторна батарея, електродвигун, енергоефективність, енергоощадні технології.

РЕТРОСПЕКТИВА ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ. ЧАСТЬ 2

А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проведен анализ электромобилестроения на последних этапах его развития. Представлено краткое описание каждого из них. Определены основные тенденции развития электромобилей, как в настоящее время, так и на ближайшее будущее. Отмечено, что электромобили получили популярность во всем мире, о чем свидетельствует политика многих стран, поощряющая граждан их покупать.

Ключевые слова: электромобиль, аккумуляторная батарея, электродвигатель, энергоэффективность, энергосберегающие технологии.

THE RETROSPECTIVE OF THE MAIN STAGES OF DEVELOPMENT OF ELECTRIC VEHICLES. PART 2

A. Hnatov, Prof., D. Sc. (Eng.), Sch. Arhun, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. Analysis of electric vehicle industry on the last stages of its development was carried out. The brief description of each of them was provided. The main trends in the development of electric vehicles, both at the current stage and in the near future were identified. It was noted, that electric vehicles have gained popularity all over the world as evidenced by the policy of many countries to encourage their citizens to buy them.

Key words: electric car, battery, electric motor, energy efficiency, energy-saving technologies.

Вступ

Під терміном «електромобіль» слід розуміти автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від акумуляторів, емнісних накопичувачів енергії або паливних елементів. Перевагами електромобілів є: екологічність, простота

конструкції й управління, висока надійність, довговічність, а також можливість заряджання стандартної мережі змінного струму – від будь-якої розетки. Також експерти відзначають, що масове використання електромобілів сприятиме вирішенню проблеми енергетичного перенавантаження у денний час та нівелюванню надлишку електричної енергії у

нічний час. Електроенергія, що не використовується вночі через відсутність нічного споживання, в енергосистемі України складає 30 %, і цю електроенергію просто нікуди подіти (наприклад, у атомних станцій цей надлишок складає близько 63,5 % від загального виробітку; у гідроелектростанції – 18 %. Існуючі перепади у споживанні є реальною техногенною загрозою будь-якої енергосистеми [1]. Цю проблему можна частково вирішити за рахунок заряджання акумуляторів у нічний час.

Доволі часто противники електромобілів використовують такий аргумент як можлива нестача електроенергії для їх заряду (при масовому використанні). Але доволі простий аналіз показує, що не потрібно буде виробляти енергії більше, ніж зараз [2]. Наприклад, у США підрахунки незалежного агентства ЕІА довели: якщо всі машини (близько 250 млн) замінити на електромобілі, то вночі (в період провалу навантаження) енергії вистачить, щоб зарядити 79 % з них. Також треба враховувати і те, що існує денний спад енергоспоживання, тобто і вдень «залишків» енергії вистачить на зарядку тієї ж кількості авто. Але необхідно, щоб електромобілі заряджали у визначений час. Це питання вирішується мобільним додатком, завдяки якому кожний власник електромобіля зможе обрати для себе найбільш зручний час і місце, де він зможе зарядити своє авто. Такі сервіси вже доступні не тільки за кордоном, але і в Україні [3].

В Європі – інша проблема. У Данії, Норвегії та інших країнах, де розвинена альтернативна енергетика, проблемою є зовсім не дефіцит, а надлишок її генерації. Отже істотну частину європейського автопарку вже зараз вигідно перевести на електротягу. Більше того, через впровадження енергозберігаючих технологій споживання електрики в усьому світі постійно падає, а потужності залишаються – в майбутньому ці «вільні кіловати» і будуть заряджати батареї електромобілів [1–3].

Аналіз публікацій

На цей час практично всі відомі автовиробники або розробляють свої власні, або беруть участь у спільній розробці електромобілів, їх складових елементів чи систем заряджання блоків накопичення енергії. Особливого прогресу в цьому напрямі досягли автомобільні підприємства у Китаї, де практично кожен

автовиробник має свій власний електромобіль або його прототип. У планах китайського уряду – з 2018 року зобов'язати всіх автовиробників, що працюють у Китаї, випускати як мінімум 8 % автомобілів, що живляться електричною енергією, в іншому випадку – платити штрафи [4].

Отже, на цей час вже не стоїть питання – бути чи не бути електромобілю. Відповідь однозначна та всім очевидна – електромобіль вже є масовим транспортним засобом.

Розвиток електрокарів у кожній країні залежить від державної політики цієї країни стосовно екологічного виду транспорту. Наприклад, у Китаї державна політика стимулює розвиток електромобілів, а його ринок нараховує більше 60 моделей, з них 13 були продані в 2016 р. в кількості більше 10000. Для порівняння, в США такими показниками можуть похвалитися лише п'ять моделей: Tesla Model S, Tesla Model X, Chevrolet Volt, Ford Fusion Energi і Nissan LEAF [5].

З кожним роком спостерігається постійне зростання кількості електромобілів майже у всіх країнах світу. Україна в цьому рейтингу посідає одне з перших місць. За підсумками 2016 р. кількість автомобілів на електротязі збільшилася в 4 рази, порівняно з 2015 р. Станом на 31 грудня 2016 р. українці зареєстрували 2593 екологічні машини: 1709 електромобілів і 884 гібридних авто [6]. На кінець 2016 р. кількість електромобілів у світі вже нараховувала більше 2 млн [7]. Отже, цілком природно виникає бажання дізнатися про всі етапи розвитку та становлення електромобілів, бо ці знання дають всебічне уявлення, щодо їх можливостей, призначення та особливостей конструкції.

У публікаціях [8–11] приведено досить детальний аналіз перших етапів розвитку електромобілебудування. Тому, не зупиняючись на основних його досягненнях, перейдемо до аналізу останніх трьох етапів.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є аналіз електромобілебудування на останніх етапах його розвитку та відображення основних тенденцій щодо розвитку електромобілів у майбутньому. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз останніх трьох етапів розвитку електромобілів;
- провести стислий опис кожного з етапів із чітким рознесенням за часовим інтервалом;
- визначити основні тенденції щодо розвитку електромобілів, як на цей час, так і на найближче майбутнє.

Останні етапи розвитку електромобілів

Розглянемо четвертий етап, який розпочався із середини 60-х років ХХ століття. Він характеризується тим, що в цей час з'явилася зацікавленість в електромобілях у багатьох розвинених країнах, таких як: США, Японія, Німеччина та Англія. Це було зумовлено тогочасним загостренням енергетичних та екологічних проблем. У кінці 60-х і на початку 70-х років ХХ століття утворилася енергетична криза в багатьох капіталістичних країнах, яка стала свідченням того, що ресурси нафтових палив для автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) є обмеженими.

Крім цього, велика кількість автомобілів у містах призвела до забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами і швидкого погіршення екологічного стану. В цій ситуації стало ясно, що саме електромобіль з його нульовими викидами, відсутністю шуму та іншими перевагами зможе виправити цю небезпечну ситуацію.

І тому з 1966 по 1971 рік у світі було розроблено величезну кількість дослідних зразків електромобілів. Але тоді ще подальшого помітного розвитку і застосування вони не знаходили.

На п'ятому етапі розвитку електромобілів спостерігався спад їх виробництва, який був викликаний різкою зміною кон'юнктури на нафтовому ринку і невдачами в експлуатації дослідних партій через недоліки акумуляторних батарей (АКБ).

Отже, наведемо тільки пару прикладів виробництва електромобілів у цей період, які найбільш яскраво його характеризують.

У Радянському Союзі в період 1980–1985 рр. було випущено 65 одиниць електромобілів – УАЗ-3801 (рис. 1) [12]. Ці машини мали такі характеристики:

- корисна вантажопідйомність – до 800 кг;
- маса акумуляторів – 680 кг;

- повна маса – 2750 кг;
- однієї зарядки вистачало на 48–50 км пробігу;
- бортовий зарядний пристрій заряджав АКБ майже на 70 % за 1 годину.



Рис. 1. Електромобіль УАЗ-3801

Після установки системи рекуперації (батарея заряджалась під час гальмування) пробіг виріс до 70–75 км. Для зими встановили бензиновий опалювач від автомобіля ЗАЗ. У жовтні 1978 р. головний конструктор Кузнецов демонстрував цю розробку на всесвітній виставці електромобілів у Філадельфії, і це був єдиний електромобіль, який працював на змінному струмі. Хоча зараз перевага віддається саме змінному струму.

У 1976 році на Єлгавському автозаводі було виготовлено партію мікроелектробусів РАФ-2203 [13]. На ці електромобілі встановлювали двигуни потужністю 23 кВт. РАФ-2203 вмщав 10 осіб (разом із водієм) і розвивав швидкість до 60 км/год. АКБ (масою 630 кг) забезпечували запас ходу близько 70 км. Пізніше під час олімпіади 1980 р. у Москві деякі суддівські автомобілі були перероблені в електромобілі, оснащені сонячною панеллю (рис. 2).



Рис. 2. Мікроелектробус РАФ-2203

Також велись роботи над моделлю електромобіля РАФ-2210. В 1982 р. три таких машини були доставлені до Москви як таксі (рис. 3).



Рис. 3. Електромобіль РАФ-2210

Але основною причиною застою в розвитку і поширенні електромобілів була відсутність нових джерел струму, що мали б високу енергоємність за невеликої вартості.

Треба відмітити, що найбільшої уваги в цьому періоді заслуговує електромобіль EV1 (Electrical Vehicle 1) – автокомпанії General Motors. Цей електромобіль випускався з 1997 р. (у другому поколінні – з 1999 р.). Він був доступний тільки в Каліфорнії й Арізоні і тільки на умовах лізингу (рис. 4) [14].



Рис. 4. Електромобіль EV1

У першому поколінні цих авто (було вироблено 660 машин) були встановлені звичайні свинцево-кислотні акумулятори. У другому поколінні EV-1 встановлювалися нікель-метал-гідридні акумулятори. Їх було вироблено 457 одиниць.

Технічні характеристики електрокара EV1:
 – запас ходу на свинцево-кислотних АКБ – від 90 до 120 км; на нікель-металгідридних АКБ – до 240 км;
 – розгін із місця – до 96 км/год за 9 с; максимальна примусово обмежена швидкість – 129 км/год;
 – вага автомобіля – 1400 кг;
 – батарея NiMH «Nickel Metal Hydride» важила 416 кг, енергоємність – 18,7 кВт·год;
 – двигун: трифазний електромотор змінного струму потужністю 102 кВт (138 л.с.);
 – замість коробки передач – двоступеневий редуктор;
 – кузов – просторова зварна несуча конструкція з алюмінієвого сплаву вагою 132 кг.

У 2003 р. випуск електромобілів EV-1 було припинено. Електромобілі були вилучені у користувачів і знищені. У музеях залишилося лише 2 екземпляри цих машин.

Шостий етап розвитку електромобілів можна назвати етапом «відродження». Умовний термін його початку – після 2010 р. Передумовою цього етапу стало заснування в 2003 р. однієї з найвідоміших сучасних компаній Tesla Motors (США). Це американська автомобільна компанія з Кремнієвої долини, орієнтована на виробництво електромобілів. Її названо на честь всесвітньо відомого електротехніка і фізика Ніколи Тесли.

В 2006 р. компанія представила свій перший спортивний електромобіль Tesla Roadster [15–17], який був оснащений 3-фазним 4-полюсним асинхронним двигуном змінного струму з частотним керуванням. Було реалізовано повітряне охолодження. Силова установка створювала потужність близько 248 к.с. (185 кВт) і крутний момент в 270 Н·м. Передача крутного моменту відбувалася через одноступінчастий редуктор

(BorgWarner) на задній міст. Авто розганялося до 100 км/год за 3,9 с. Виробниками було встановлено обмеження максимальної швидкості – 201 км/год. При цьому запас ходу становив 300 км.

Другою моделлю від Tesla Motors стала Tesla Model S – 5-дверний ліфтбек преміум класу (рис. 5). Відразу ж після презентації попит на Tesla Model S був величезним як у самій Каліфорнії, так і в Норвегії. Виробництво S-моделі було налагоджено у Каліфорнії й Голландії. Tesla Model S завоювала чимало нагород, серед яких «Автомобіль року 2013» (за версією журналу Motor Trend, США).

Перший реліз Model S відбувся на виставці у Франкфурті в 2009 р. під кодовою назвою «White star». У 2012 р. авто надійшло у продаж. Починаючи з 2012 р. і по 2016 р. по всьому світу було продано близько 50 тис. одиниць Tesla Model S. Попит на цей електромобіль був настільки високим, що з конвеєра сходило близько 1000 машин на тиждень. І це не дивно, бо, починаючи з 2013 р., Tesla Model S вважається одним з найбезпечніших автомобілів. Це пов'язано з тим, що національне агентство з безпеки дорожнього руху в США визнало Tesla Model S найбільш безпечним на теренах США [18].

Технічні характеристики Model S:

- розгін до 100 км/год – 2,28–4,4 с (залежно від комплектації);
- максимальна швидкість – 201–250 км/год (залежно від комплектації);
- запас ходу – 506 км (за американськими нормами) та 613 км (за європейськими нормами);
- час повного заряду акумулятора – 35 хв (через SuperCharger).



а



б

Рис. 5. Електромобілі: а – Tesla Model X; б – Tesla Model S

У лютому 2012 р. компанія анонсувала нову модель – Tesla Model X, яка з'явилася на ринку вже в 2016 р., а в середині 2014 р. оголосила щодо підготовки бюджетного авто – Tesla Model 3 (базова версія коштує \$35000).

Тільки-но з'явившись, електромобіль Tesla Model X вже зміг отримати престижну європейську премію – «Золотий руль 2016» в номінації «найкращий SUV» [19]. І це підтверджує тезу, що за електромобілями майбутнє.

Ще один електромобіль, який неможливо не відмітити, – це Nissan Leaf – на сьогодні найбільш поширений у всьому світі в сегменті електрокарів.

Nissan Leaf – електромобіль японського концерну Nissan, що серійно випускається з весни 2010 р. (рис. 6) [20]. Світова прем'єра відбулася на міжнародному токійському автосалоні в 2009 р. Leaf – по-справжньому перший масовий електромобіль, продажі якого почалися по всій земній кулі.

Nissan Leaf має електродвигун потужністю 80 кВт, 280 Нм, що живиться від літій-іонної батареї ємністю 24 кВт·год., вагою 300 кг. Батарею розташовано під підлогою салону, завдяки чому авто має низький центр ваги і, як наслідок, непогану керованість. Nissan Leaf має два гнізда для зарядки: одне для зарядки від однофазної мережі (звичайна розетка), друге – спеціальний роз'єм для зарядки від трифазної мережі. Від електричної мережі 220 В акумулятор повністю заряджається за 8 годин. Повного заряду батареї вистачає на 160 км [23].

Слід зазначити, що, крім японських та американських виробників, значний внесок у розвиток електромобілів зробили і китайські виробники.

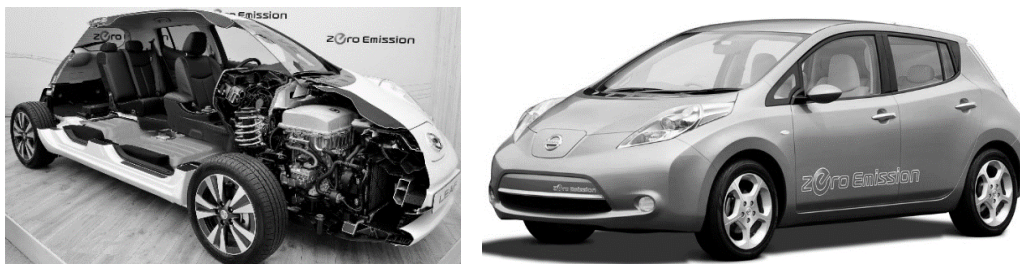


Рис. 6. Електромобіль Nissan Leaf

Однією з відомих компаній з Китаю в цій галузі є компанія BYD AUTO [24]. Компанію BYD було засновано в 1995 р. як виробника акумуляторних батарей. Також BYD займається ІТ-розробками, автомашинами й альтернативними видами енергії та зараз є світовим лідером із виробництва акумуляторів і систем енергозбереження. Її заводи знаходяться в Китаї, країнах Європи та Японії.

З 2003 р. BYD – єдиний китайський виробник автомобілів, який експонує власні авто на Женевському автомобільному салоні й має консульства на всіх континентах. З 2008 р. фірма серійно виготовляє і реалізує гібридні авто, з 2009 р. розпочато створення електромобілів, а вже з 2010 р. розпочато спільний проект із виробництва електромобілів з Daimler AG. У 2010 р. фірмою було вироблено понад півмільйона авто. BYD зайняла 1-е місце у списку найбільш технологічних компаній світу (за версією Business Week), випередивши таких гігантів, як Apple і Google, і 2-е місце з числа автомобільних компаній, випередивши Ford, Volkswagen і BMW.

Прототип моделі BYD Е6 був представлений на автосалоні в Пекіні в 2008 р. (рис. 7).



Рис. 7. Електромобіль BYD Е6

У січні 2010 р. в Детройті дебютувала передсерійна версія авто, а в 2009 р. – готова до масового виробництва. Електромобіль BYD Е6 оснащений електромотором потужністю 101 к.с. (75 кВт; 450 Нм), має залізо-фосфатний акумулятор власної розробки. Без

підзарядки електромобіль здатний проїхати в міських умовах до 300 км, розганяючись до 100 км/год за 12 с; максимальна швидкість Е6 може становити 140 км/год [25, 26].

Аналіз світових тенденцій у галузі електромобілів

Сьогодні ринок електромобілів ще тільки починає свій розвиток, але вже на цей час досить наочно представлено те, що в недалекому майбутньому (через 5–10 років) у світі буде спостерігатися бум в електромобілебудуванні. За прогнозами фахівців вже в 2020–2022 рр. електромобілі зрівняються в ціні з автомобілями із ДВЗ такого ж класу. Зараз головними недоліками електромобілів є автономний запас ходу та сам час зарядки. Але ці питання знаходять своє вирішення; більше того, ряд автовиробників вже мають цікаві розробки для збільшення автономності ходу електромобіля. Так, наприклад, компанія Tesla Motors активно проводить тестування свого електромобіля із запасом ходу близько 1000 км. Фахівці з Tesla Motors вже прогнозують появу автомобіля з пробігом 1167 км після 2020 р. [27].

Інший приклад: у 2015 р. компанія nanoFlowcell AG представила електрокари Quant F та Quantino (рис. 8) [28]. Їх особливістю є система рідких проточних батарей, електроенергія в яких виробляється за рахунок проходження двох окремо «заряджених» рідин через спеціальну комірку. Запас ходу від однієї зарядки становить більше 1000 км. Вже тепер можна сказати, що найбільш вагомий внесок у подальше «гучне» майбутнє електромобілів зробили два американські виробники автомобілів – Tesla Motors та General Motors. Ці фірми представили на ринок електромобілів свої авто на електричній тязі в середньому класі легкових автомобілів із досить пристойними характеристиками та прийнятною ціною. Це моделі Tesla Model 3 та Chevrolet Bolt EV (рис. 9) [29].



Рис. 8. Електромобілі: а – nanoFlowcell Quant F; б – Quantino

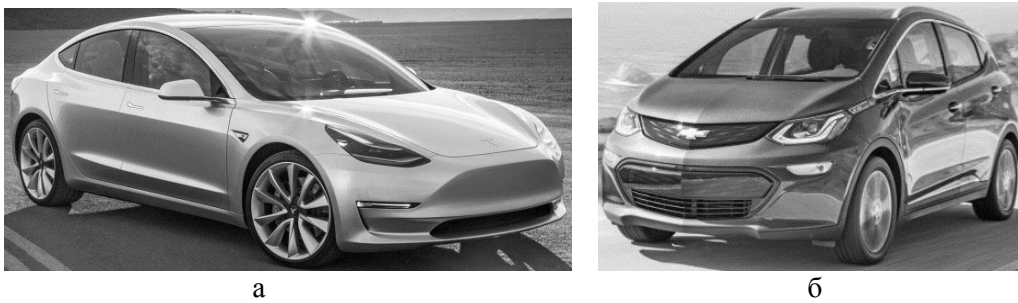


Рис. 9. Електромобілі: а – Tesla Model 3; б – Chevrolet Bolt EV

Ці електромобілі вартістю менше \$ 40000, які будуть долати відстань більше 300 км на одному заряді, з'являться вже до кінця 2017 р. На Tesla Model 3 ще до початку офіційних продажів вже отримано більш ніж 400 тис. попередніх замовлень. Так, для порівняння, найбільш розповсюджений електромобіль Nissan Leaf нараховує з 2010 р. близько 275 тис. проданих авто [30].

Chevrolet Bolt EV – машина General Motors – стала першим електромобілем, який завоював нагороду (номінація «North American Car of the Year» (Краще авто 2017 р. в Північній Америці) [31]. Очікується, що саме Tesla Model 3 та Chevrolet Bolt EV будуть задавати тренд на найближче майбутнє у світі «зеленого» автотранспорту на електричній тязі, призначеного для масового споживача.

Отже, можна впевнено стверджувати, що за електромобілями майбутнє, адже ці автомобілі є екологічним видом транспорту, що здобули популярність у світі. Керівництво розвинених країн у різний спосіб заохочує громадян їх купувати. Тобто у всьому світі для покупців автомобілів на електротязі створюються різноманітні преференції: податкові пільги, часткова компенсація вартості авто, безкоштовні паркінги тощо.

Наприклад, у Китаї покупець отримує компенсацію в розмірі близько 35 % від вартості

авто, а в США така «знижка» становить 25 %. У деяких країнах (Португалії, Іспанії, Франції, Ірландії тощо) уряд виплачує субсидію в розмірі від 5 000 до 7000 євро (залежно від моделі) кожному покупцеві. У таких країнах, як Великобританія, Данія, Німеччина, прямих субсидій на придбання електромобілів немає, але всіх покупців звільняють від сплати транспортного податку на термін до 5 років або від збору при реєстрації. А в США подано на розгляд законопроект, за яким власникам електромобілів будуть платити по \$250 на місяць для покриття витрат на заряджання машини. У Китаї реалізується цілеспрямована державна програма щодо заохочення переходу на автотранспорт, який не шкодить навколишньому середовищу [32].

Світові тенденції щодо розвитку електромобілів є вже незворотними. Так, в Європі планують обладнати зарядками кожен новий або відремонтований будинок. Проект цієї директиви ЄС набуде чинності до 2019 р. Крім того, до 2023 р. 10 % паркувальних місць у новобудовах ЄС повинні бути обладнані станціями заряджання [33]. У Німеччині виступають за заборону реєстрації нових автомобілів із ДВЗ з 2030 р. Також Німеччина виступає за те, щоб це рішення діяло на всій території ЄС. Окрім того, уряд Німеччини з липня 2016 р. разом з автобудівниками виплачує кожному покупцеві премію: €4000 за електромобіль і €3000 за гібрид. Програма

субсидування розрахована як мінімум на 300000 автомобілів [4]. Національний план з розвитку транспорту Норвегії передбачає припинення з 2025 р. реєстрацію нових автомобілів із ДВЗ. На даний момент у Норвегії частка електрокарів становить близько 28 %.

У підсумку, для більшої наочності неминучого процесу «електромобілізації», слід навести дані аналітики. Так, фахівці з аналітичного агентства Bloomberg прогнозують, що споживання бензину і дизеля автомобілями до 2030 р. зменшиться на 75 %. У Лондоні й Сінгапурі вже через 15 років електрокари складуть близько 65 % від загального числа транспортних засобів. Вартість літій-іонних АКБ в 2015 р. знизилася на 65 % – до \$ 350 за кВт·год. і, як очікується, до 2025 р. знизиться до \$ 100 за кВт·год [34].

Висновки

Проведено аналіз сучасних розробок електромобілів на останніх етапах їх розвитку. Проведено стислий опис кожного з етапів із чітким розмежуванням їх за часовим інтервалом.

Визначено основні тенденції розвитку електромобілів як на цей час, так і на найближче майбутнє. Зазначено, що за електромобілями майбутнє, оскільки ці авто є екологічним видом транспорту, що здобув популярність у всьому світі, про що свідчить політика багатьох країн щодо заохочення громадян купувати їх. Отже, спостерігаються неухильні світові тенденції розвитку електромобілів, які вже є незворотними.

Показано, що найбільш розвинутими ринками електричних автомобілів є такі країни, як США, Японія та Китай. Найбільш технологічними електромобілями є авто американської компанії Tesla Motors. А найбільш поширеним у світі електромобілем є Nissan Leaf.

Література

1. Ночное потребление // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://electroauto.com.ua/nocnoe-potreblenie.html>.
2. В Европе запретят двигатели внутреннего сгорания: все подробности // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: [http://autonews.com.ua/v-evrope-](http://autonews.com.ua/v-evrope-zapretyat-dvigateli-vnutrennego-sgoraniya-vse-podrobnosti/)

3. Мобильный додаток // Матеріали сайта. – 2017. – Режим доступу: <http://tesla-club.com.ua/app/>.
4. Рынок электромобилей: Китай лидирует // Матеріали сайта. – 2017. – Режим доступу: <http://newsyou.info/rynok-elektromobilej-kitaj-lidirueta/>.
5. Топ-3 самых популярных электрокаров в Китае // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/transport/1891-top-3-samykh-populyarnykh-elektrokarov-v-kitae.html>.
6. За год число электромобилей в Украине увеличилось в 4 раза и составило 2600 единиц // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/transport/1968-za-god-chislo-elektromobilej-v-ukraine-velichilos-v-4-raza-i-sostavilo-2600-edinit.html>.
7. В мире электромобилей станет больше 2 млн к концу 2016 // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/transport/1167-v-mire-elektromobilej-stanet-bolshe-2-mln-k-koncu-2016.html>.
8. Электромобиль. Воспоминания о будущем. // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: http://www.startup.org.ua/2016/10/blog-post_19.html.
9. Электромобили. История и эволюция машин на батареях // Матеріали сайта. – 2013. – Режим доступу: http://www.silver.ru/programms/test_dravv_onlayn/editions-of-the-program/materials-ElektromobiliIstoriyaievoIyutsiyamashinnabatareyakh/.
10. Бусыгин Б. Л. Электромобили / Б.Л. Бусыгин. – М.: 1979. – 272 с.
11. Этапы развития электромобилей и их конструкции // Матеріали сайта. – 2010. – Режим доступу: <http://www.electromachines.ru/content/etapy-razvitiya-elektromobilej>.
12. Электромобиль УАЗ-3801 с аккумуляторной энергоустановкой // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: http://www.uazbuka.ru/models/uaz-3801_electro.html.
13. Советские электромобили // Матеріали сайта. – 2013. – Режим доступу: <http://back-in-ussr.com/2013/12/sovetskie-elektromobili.html>.

14. General Motors EV1 // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/General Motors EV1](https://ru.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1).
15. Tesla Motors // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla Motors](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Motors).
16. Революционер индустрии. История компании Tesla // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <https://www.iphones.ru/iNotes/436681>.
17. История развития Tesla Motors // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://autotesla.ru/auto-tesla/istoriya-razvitiya-tesla-motors.html>.
18. Водитель Tesla Model S на высокой скорости врезался в фуру и выжил // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://avtopolygon.info/news/voditel-tesla-model-s-na-vysokoi-skorosti-vrezalsya-v-furu-i-vyzhil-foto.html>.
19. Электрокроссовер Tesla Model X получил «Золотой руль» // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/transport/1679-elektrokrossover-tesla-model-x-poluchil-zolotoj-rul.html>.
20. Nissan LEAF // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan LEAF](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nissan_LEAF).
21. Электричество победило // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: http://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2010/11/30/elektrichestvo_pobedilo.
22. Nissan Leaf: 2011 World Car of The Year // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: http://money.cnn.com/2011/04/21/autos/leaf_world_car_of_the_year/index.htm.
23. Nissan Leaf // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecoautoinfo.com/Nissan/Nissan-Leaf.html>.
24. История BYD // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: http://www.autoinfosite.ru/info_istoriya-byd.html.
25. История марки BYD // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://www.autodealer.ua/news/istorija-marki-byd/>.
26. Автомобили BYD // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://www.amkauto.com.ua/ru/auto/byd.html>.
27. Запас хода электрокаров Tesla перевалит за 1000 км // Матеріали сайта. – 2015. – Режим доступу: <http://autogeek.com.ua/zapas-hoda-elektrokarov-tesla-uvelichitsya-za-1000-km/>.
28. Автомобили на «жидком» электричестве // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <https://www.drive2.ru/b/2849445/>.
29. Tesla Model 3 проти Chevrolet Bolt: 5 відмінностей, які потрібно знати для правильного вибору // Матеріали сайта. – 2017. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/stati/1937-tesla-model-3-protiv-chevrolet-bolt-5-otlichij-kotorye-nuzhno-znat-dlya-pravilnogo-vybora.html>.
30. В кафе Nissan посетители расплачиваются электроэнергией // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/energy/1843-v-kafe-nissan-posetiteli-rasplachivayutsya-elektroenergiej-video.html>.
31. Электромобиль Chevy Bolt стал лучшим автомобилем года в Северной Америке // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotechnica.com.ua/transport/1931-elektromobil-chevy-bolt-stal-luchshim-avtomobilem-goda-v-severnoj-amerike.html>.
32. Десять признаков початку буму електромобілів // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://www.dw.com/uk/десять-знак-початку-буму-електромобілів/a-36114453>.
33. Кожен новий будинок у Європі планують обладнати зарядками для електромобілів // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Kozhen-novyy-budynok-u-YEvropi-planuyut-obladnaty-zaryadkami-dlya-elektromobiliv/>.
34. Електромобілі наїхали на нафту: дослідження Bloomberg // Матеріали сайта. – 2016. – Режим доступу: <http://spokki.net/elektromobili-nayihaly-na-naftu-doslidzhennya-bloomberg/>.

Рецензент: В.І. Клименко, професор, д.т.н., ХНАДУ.