

СУЧАСНИЙ СТАН ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ЙОГО ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Мета. Метою роботи є комплексне дослідження сталого стану електромобільного транспорту з зазначенням проблем, які потрібно терміново вирішувати для того, щоб електричні автомобілі стали повноцінною заміною традиційним машинам з ДВС в Україні,

Методи дослідження. У роботі було використано аналітичні дослідження та аналіз статистичних залежностей та показників.

Наукова новизна. Наукову цінність представляє аналітичне оцінювання потенціалу електромобільного ринку України та можливостей його активного інфраструктурного розвитку за рахунок скасування мита та спрощення процедури сертифікації та створення державної програми по електрифікації автомобільного транспорту та динамічного зростання кількості електричних авто на дорогах.

Практична значимість. Обґрунтовано, що ціни на електрокари безпосередньо залежать від урядових субсидій, і рівень державної підтримки грає головну роль у розвитку електротранспорту і безпосередньо впливає на політику автовиробників, яким поки вигідніше продавати традиційні автомобілі з ДВС не враховуючи, що продаж електромобілів дозволить державі реалізовувати програму по збереженню екології та ресурсозбереженню в Україні, якщо висувати автовиробникам особливі екологічні вимоги.

Результати. Обґрунтовано, що істотної стимуляції збільшення попиту на електромобілі в Україні необхідно досягти для двох чинників. Перший - погіршення ситуації з вичерпаними енергоресурсами (зростання цін на бензин в декілька разів, загрозлива ситуація з цінами на газ та інші енергоносії, близький кінець запасів нафти і газу в усьому світі). Другий - технологічний прорив, в результаті якого електромобілі стануть більш дешевими і зручними, з одночасним вкладанням коштів в розвиток інфраструктури - головним чином в створення мережі зарядних станцій. Виконано порівняльний аналіз застосування електромобілів і традиційних автомобілів в міських умовах експлуатації з урахуванням інфраструктурних особливостей міст України

Ключові слова: електромобільний транспорт, виробники електромобілів, транспортна система, зарядна станція для електромобілів, популяризація електрокарів.

doi: 10.31721/2306-5435-2017-1-102-21-26

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Електромобілі у всьому світі в останні роки у зв'язку з екологічною ситуацією та безперервним зростанням цін на нафту знову стали набирати все більшу актуальність.

Особливе завзяття проявляють невеликі підприємства (такі як «Tesla Motors»), оскільки для них не страшно скорочення обсягу виробництва звичайних автомобілів з ДВС. Tesla Motors змогла презентувати ефективний електромобіль: 4,2 с до 100 км/год, пробіг без підзарядки 400 км на швидкості 110 км/год, потужність двигуна 300 кВт. Їх патенти відкриті для популяризації електрокарів.

Аналіз досліджень і публікацій. У багатьох виробників електромобілів почалася гонитва за рекордами.

24 серпня 2010 р. електромобіль «Venturi Jamais Contente» з літій-іонними акумуляторами на солоному озері у штаті Юта встановив рекорд швидкості 495 км/г на дистанції в 1 км.

27 жовтня 2010 р. електромобіль «lekker Mobil», конвертований з мікровену Audi A2, здійснив рекордний пробіг на одній зарядці з Мюнхену до Берліну довжиною 605 км в умовах реального руху дорогами загального користування, причому були увімкнені всі допоміжні системи, у тому числі опалення.

Електромобіль з електродвигуном потужністю 55 кВт було створено фірмою «lekker Energie» на основі літій-полімерного акумулятора «Kolibri» фірми «DBM Energy». В акумуляторі було запасено 115 кВт-г, що дозволило електромобілю проїхати весь маршрут із середньою швидкістю 90 км/г (максимальна на окремих ділянках маршруту становила 130 км/г) і зберегти після фінішу 18 % від початкового заряду. Представник фірми «lekker Energie» стверджує, що акумулятор «Kolibri» здатен забезпечити сумарний ресурсний пробіг до 500 000 км.

Але це лише рекордні показники, а який же стан з серійними автівками? Питань не виникло б, володів електричні автомобілі скільки-небудь істотними перевагами перед машинами з ДВС. За споживчими якостями електромобілі безнадійно програють. Їх запас ходу не переви-

щує 300 км (вдвічі, а то й втричі менше, ніж звичайних), на підзарядку йде від півгодини до доби проти 5 хвилин автомобілів з ДВС, вони на 20-30 % важче своїх бензинових і дизельних аналогів (що, зокрема, позначається на зносі шин). Нарешті, вони дорожче. Наприклад, європейський лідер в області електромобілів, Renault, пропонує бюджетний електричний Хетчбек Zoe за 23 300 Євро, тоді як аналогічна по класу модель Сію з ДВС коштує 16 590 Євро. Ніякі пільги на державному рівні (одноразова субсидування, звільнення від виплати транспортного податку, безкоштовна парковка та інше) не покривають різниці. Дійшло до того, що компанії - та ж Тесла - обіцяють клієнтам викупити після закінчення терміну служби найбільш дорожчу частину конструкції, - акумуляторну батарею. Віра в подібні обіцянки не більш, ніж в гарантію на звичайний автомобіль: виробник завжди знайде привід, щоб відмовити.

Експерти Всенімецького автомобільного клубу (ADAC) змоделювали умови володіння різними електромобілями протягом 4 років при річному пробігу 15 000 км. З'ясувалося, зокрема, що кілометр шляху на електричному Ford Focus коштує приблизно в 56,6 євроцента проти 51 цента у бензиновій і 51,4 - у дизельній модифікації. Найбільш нерентабельною виявилася хвалена Tesla Model S - проїхати на ній кілометр обійдеться в 1,37 Євро.

І тим не менше, СМІ наполегливо парять «електрички». Кому це вигідно? Починаючи з 2001 року уряд США виділив \$ 18 млрд на дослідження, розробку і просування альтернативних джерел енергії. За цим стояли не умоглядна турбота про благо людства, а цілком конкретна політична мета. Коли в 2003 році президент Буш відпускав \$ 1,2 млрд на створення водневих паливних елементів для автомобільного транспорту, то прямо заявив, що має намір «скоротити залежність Америки від нафти». Від програми перепало, в тому числі і мічиганської A123 Systems, LLC, створеної, до речі, незадовго до цього, в 2001 році.

Сьогодні ця компанія, один з ключових гравців на ринку батарей для електромобілів, належить китайській Wanxiang Group.

Постановка завдання. Більшість сучасних виробників автомобілів почали вкладатися в електромобілі з метою реклами - для створення собі іміджів «борців за екологію», а крім того, щоб в якийсь момент не опинитися позаду конкурентів.

Сьогодні це призвело до свого роду «електричного божевілья»: компанії навперебій представляють новинки на електротязі. І вже ніхто не наважується публічно говорити про їхню доцільність. Скажімо, про те, що значні обсяги електроенергії виробляються тепловими станціями, які споживають все ту ж вуглеводневу сировину, з якої виробляють паливо для автомобілів.

Електромобілі допоможуть вирішити локальні проблеми забруднення міст, однак не забудемо, що електроенергію десь потрібно виробляти, і ці «десь» незабаром стануть дуже брудними місцями на планеті.

Викладення матеріалу та результати. Безумовно, колісний транспорт вносить істотний внесок у забруднення середовища. Але заходи, за допомогою яких чиновники Євросоюзу підштовхують автомобілістів пересісти на електротязі, виглядають зовсім неоднозначними: легкові автомобілі обкладені екологічним податком, який вираховується в залежності від маси викидів в атмосферу вуглекислого газу.

Цікавим прикладом може бути в цьому сенсі Пекін з його задушливим смогом. На 22 мільйони жителів припадає 5,5 мільйона автомобілів і ще велика кількість мотоциклів і скутерів. Місцева влада суворо обмежує придбання нових автомобілів - реєстраційні знаки розігрують у лотерею, претенденти чекають удачі по п'ять років. Але якщо пекинець вирішує купити електромобіль, йому дають зелене світло: номер вручають негайно. Крім того, при купівлі електромобіля надається знижка в розмірі 100 000 юанів (\$ 15 000).

Китайський ринок низькошвидкісних електромобілів (low-speed electric vehicle, LSEV) мало висвітлюється ЗМІ і не контролюється урядом, який не дотує ці електрокари і не зобов'язує видавати на такі автомобілі номери, а ініціативу по їх поширенню іноді виявляють лише місцеві органи влади. Тим часом це величезний, порівняно зі звичайними електромобілями і стрімко зростаючий ринок.

За даними незалежної Шаньдунської організації виробників LSEV (а саме в цій провінції зосереджені основні автоскладальні підприємства) продажу низько швидкісних електромобілів в Китаї в 2016 році досягли позначки 1,2 млн машин. Крім провінції Шаньдун, заводи є в провінціях Хенань, Хебей і Ганьсу.

Зазвичай в Китаї до низькошвидкісних електрокарів відносять автомобілі зі швидкістю менше 70 км / год, хоча бувають й винятки, коли виробник заявляє швидкість до 80-90 км/ч.

Основними покупцями LSEV вважаються літні люди, але останнім часом ситуація змінюється. Завдяки доступній ціні й відсутності складнощів з водійськими правами, такі електромобілі стають все більш популярні серед молоді, часто вони виступають в ролі першого автомобіля, що є одним з чинників зростання продажів, який в цілому по галузі становить 60 %.

Що стосується технічних характеристик, то більшість (80%) продаються LSEV мають запас ходу на одному заряді близько 100 км і свинцево-кислотні АКБ, що значно здешевлює їх вартість в порівнянні зі звичайними електромобілями, оснащеними літій-іонними батареями. Також обслуговування таких машин обходиться значно дешевше: як правило - це ТО кожні 5000 км за ціною близько 100 \$.

Заряджаються маленькі електромобілі від стандартної мережі 220 В, що багато покупців вважають зручним. При цьому заряду багатьом вистачає на кілька днів.

Варто також відзначити, що доступність низько швидкісних електромобілів сьогодні вже не означає низьку якість. Основні виробники LSEV вже модернізували своє виробництво і, в умовах високої конкуренції на цьому ринку, пропонують цілком якісну продукцію, часто не поступається автомобілям провідних автоконцернів Китаю.

Багато мініелектрокарів вже заслужили репутацію і на слуху у китайців. До них відносяться, наприклад, FULU, Levdeo, Byvin, Yogomo, Lichi, Dayang, які за останній час значно підвищили свій рівень виробництва.

Сьогодні частка «електричок» у світовому автопарку складає лише 0,6 %. Приклад Китаю лише підтверджує, що змусити людей купувати електромобілі можна поки виключно адміністративними заходами. У тих же США боротьба за зниження залежності від імпорту енергоресурсів привела лише до того, що ціна на нафту впала і бензин подешевшав. Американці знову стали розбирати автомобілі з ДВС великого літражу. Альтернативні ж проекти один за одним зазнали фіаско. Глава північноамериканського представництва Audi в 2006 році назвав електромобіль Chevrolet Volt «машиною для дурнів».

Що ж чекає Україну в напрямку розвитку електромобільного транспорту?

За перші два місяці 2016 року в Україні було продано 125 електромобілів, а всього на даний момент в країні зареєстровано 693 електромобіля проти 568 за станом на 1 січня 2016 р. Про це повідомляє afr.com.ua. Найпопулярнішим серед українців став Nissan Leaf: цих хетчбеків з початку року придбали понад сотні. Причиною різкого стрибка попиту на електромобілі є скасування з 1 січня 2016 року ввізних мит.

Головний сервісний центр МВС оприлюднив показники електромобілів на дорогах в Україні, які були зареєстровані вперше за 2016 і I квартал 2017 року. За даними центру, загальна кількість зареєстрованих вперше електромобілів за цей період становить 2 тис. 284. Так, найбільший попит на електромобілі за даними сервісного центру МВС спостерігається в м. Києві - 528 одиниць, в Одеській - 486, і в Харківській областях - 446. Слідом йдуть Дніпропетровська, Львівська, Київська та Запорізька області. У той же час, найменшу кількість електромобілів протягом звітного періоду було зареєстровано в Луганській обл. - 9 одиниць, в Закарпатській, Житомирській та Чернівецькій областях - по 11 одиниць.

Велику зацікавленість ринком України виявляють деякі європейські виробники. В теперішній час Міністерство інфраструктури України почало переговори з американською компанією Tesla Incorporated про відкриття провадження випуску електромобілів в Україні.

У рамках підготовки до запуску офіційних продажів електромобілів в Україні компанія Renault почала встановлювати безкоштовні зарядні станції. На даний момент «електрозаправки» встановлено в трьох автосалонах бренду в Києві, Львові та Одесі, при цьому всі три заправки були підключені до партнерської мережі Tesla Club Ukraine, яка налічує вже 86 зарядних станцій по всій території України.

Безкоштовні зарядні станції можна знайти в автосалонах Renault Україна за наступними адресами:

«Кий Авто Холдинг»: Київ, вул. Дніпровська набережна, 16А;

«Ю.Р.К.»: Львів, вул. Богдана Хмельницького, 228;

«Авто Груп +»: Одеса, вул. Маршала Жукова, 6А.

У 2017 році українська мережа автозаправних комплексів WOG збирається радикально збільшити кількість зарядних станцій для електромобілів. На даний момент на паливних заправках компанії встановлено всього 10 таких станцій, але вже до кінця року їх кількість збираються довести до 300 штук. При цьому десята частина з них - 30 штук – будуть швидкісними (Supercharge), що дозволить зарядити акумуляторну батарею електромобіля всього за півгодини. Зарядні станції для електромобілів будуть встановлюватися на базі існуючих паливних заправок мережі, так що під час зарядки власники електромобілів зможуть скористатися всією доступною інфраструктурою, включаючи WOG Cafe. Якщо врахувати, що на сьогоднішній день мережа заправок WOG включає близько 500 станцій, то зарядні пристрої з'являться більше ніж на кожній другій заправці. Генеральний директор «Wog Рітейл» зазначив, що стандартні зарядні станції будуть безкоштовними, а от за користування швидкісними Supercharge-модулями доведеться заплатити. При цьому він пообіцяв, що вартість заряджання не буде дуже високою, мова йде скоріше про покриття собівартості енергії, ніж про спробу заробити.

Даний проект WOG реалізує спільно з неназваним поки партнером, який займається імпортом електромобілів в Україні, а значить сам зацікавлений у розвитку в Україні відповідної інфраструктури. Представник WOG також розповів, що незабаром мережа розробить мобільний додаток, в якому власники електромобілів зможуть побачити місце розташування всіх зарядних комплексів.

В Україні також працює фінська компанія Ensto, яка продає зарядки для електромобілів. За словами її представника В'ячеслава Шевніна, вищий інтерес до таких пристроїв проявляє саме бізнес, а не приватні особи. Пан Шевнін мріє, що незабаром в Україні, як в деяких країнах ЄС, 5% місць на парковках буде виділено для електромобілів, а поруч будуть стояти елегантні колонки, від яких можна буде підзарядитися. Щось схоже до 2020 року обіцяє створити в столиці Київська рада, яка вже прийняла відповідне рішення.

У квітні поточного року стартував ZOE-тур на електромобілях Renault по Україні. Метою туру є тестове випробування інфраструктури для електромобілів в трьох містах України (Київ, Одеса, Львів), зокрема, під час туру перевірені зарядні станції на можливість правильної зарядки електромобілів Renault. Головними героями туру є спеціально привезені Renault ZOE, на яких експерти Renault з Франції тестують стан вітчизняної інфраструктури та її готовність приймати електромобілі. Концепцію розвитку екосистеми електромобілів Рено в Україні представлено на рис. 1.



Рис. 1. Концепція розвитку екосистеми електромобілів Рено в Україні

Варто зазначити, що в першому кварталі поточного року продажі електромобілів Renault виросли на 46% приблизно до 10000 одиниць (без урахування Twizy) завдяки популярності нового ZOE з пробігом в 400 км (в циклі NEDC). Продажі моделі ZOE виросли на 57% і зміцнили лідерські позиції групи Renault на ринку електромобілів з часткою в 28%.

В Україні планують випускати і власні електромобілі. Інвестувати в нову галузь автомобілебудування готові Fiat, Suzuki, Volkswagen, Nissan, Hyundai і Toyota. У зв'язку з цим влада сподівається, що гучні бренди привернуть увагу українських споживачів.

Дане рішення було прийнято у зв'язку зі зростаючим інтересом до електрокарів українських автомобілістів. За статистикою, в січні нинішнього року було продано 4,7 тис. автомобілів,

які передбачають використання альтернативних джерел енергії. Це на 54% більше порівняно із січнем 2016 року.

Український уряд планує знижувати ціну на продаж імпортованих електромобілів до 21%. Це підстобне розвиток виробництва власних електрокарів.

Навесні 2017 року на українському авторинку з'явився ще один сучасний електромобіль - Opel Ampera-e. На даний момент це чи не самий «витривалий» в своєму класі елетрокар. На одному заряді акумуляторів Opel Ampera-e може подолати 380 км.

Втім, показники продажів електромобілів значно нижче очікуваних, зазначає переважна більшість компаній, які налагодили їх серійний випуск.

Незважаючи на потужні піар-кампанії, що розповідають про десятикратне зростання реалізації машин з електромоторами, субсидії і податкові пільги, їх частка світового ринку ледь перевищила 1%.

Причина частково криється у високій вартості такої техніки, що робить її придбання економічно абсолютно непривабливим.

Про те, що 1 км за кермом електрокара обходиться істотно дорожче, ніж за кермом звичайного автомобіля, можна переконатися, наприклад, порівнявши тарифи Leaf і Tesla «Оксі-таксі» з тарифами інших столичних операторів.

Щорічна економія в \$ 1 тис., а саме стільки платить за паливо середньостатистичний київський водій, в кращому випадку дозволить окупити інвестицію в акумуляторну батарею акурат до закінчення строку її експлуатації.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проблема електрокарів не тільки у високій ціні: ідеальний сценарій їх використання передбачає проживання власника в приватному будинку, у дворі якого транспортний засіб всю ніч може простояти на зарядці.

Мешканці багатоповерхових будинків можливості заряджати електромобілі вночі зі зрозумілих причин позбавлені.

З тим, що для створення умов нормальної повсякденної експлуатації електричних машин необхідно будівництво широкої мережі зарядних станцій, згодні всі.

Не варто забувати і про те, що швидкі зарядки проблему поїздок на далекі дистанції зменшують, але не знімають повністю.

Крім всього зазначеного є ще один недолік електричок, суттєвий для нашої країни - при зарядці електромобілів від побутової мережі зростають переваги електричних мереж «останньої милі», що загрожує зниженням якості енергопостачання і ризиком локальних аварій мережі.

Список літератури

1. Systemsauto [Електронний ресурс]: багатопредмет. авто.журн. / Москва. - Електрон. журн. - 2016. - Режим доступу: <http://systemsauto.ru/engine/electric-car.html>
2. Форсаж 7 [Електронний ресурс]: багатопредмет. авто.журн. / Москва. - Електрон. журн. - 2016. - Режим доступу: <http://zhurnul.milt.rissi.ruhttp://forsage7.com.ua/blog/plusi-i-minusi-elektromobiley>
3. Гібридні автомобілі / **О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков** та ін.; за заг. ред. О.В. Бажинова. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 328 с.
4. <http://www.evworld.com/news.Venturi-Streamliner-Sets-New-World-Speed-Record>
5. <http://www.dw.com/ru-600-км-без-подзарядки-новые-перспективы-развития-электромобилей>
6. <http://24tv.ua. Телеканал новин 24. Процитовано 2016-01-25. Чи можливо перейти на електромобілі в українських реаліях: плюси і мінуси авто>
7. <http://24tv.ua. Телеканал новин 24. Процитовано 2016-01-25> Українці почали скуповувати електромобілі
8. <http://www.forbes.ru/forbeslife/327269-pervoe-kitaiskoe-preduprezhdenie-kogda-mir-peresyadet-na-elektromobili>
9. **Петров В. Ю.** Легковой автотранспорт будущего: электромобили, водородные или традиционные автомобили? // Автомобильная промышленность. — 2009. — No 5.
10. **Эткин Д. М.** Некоторые технико-экономические аспекты электрификации массовых автомобилей в США // Журнал автомобильных Рукопис подано до редакції 14.04.17
Рукопис подано до редакції 17.03.17

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ ПРИ СОЗДАНИИ ГОРНЫХ МАШИН

Цель. Существующие методы многокритериальной оптимизации затруднительно использовать в задачах при разнонаправленной оптимизации с неявно заданными целевыми функциями или аргументами, заданными в качественной форме. Целью данной статьи является разработка метода многокритериальной оптимизации с расширенной областью применения для использования в практической инженерной деятельности.

Методы. Метод предполагает на первом этапе построение таблиц значений целевых функций на основе аргументов с учетом общей области допустимых значений аргументов и с учетом ограничений. Каждая такая таблица содержит столбцы значений аргументов и столбец значений функции. Далее проводится сортировка таблиц по значениям целевых функций в соответствии с типом экстремума каждой из них (в порядке убывания при поиске максимума или в порядке возрастания при поиске минимума).

Из таблиц значений в пределах интервала поиска определяются совпадающие наборы аргументов. Если найдены совпадающие наборы аргументов во всех таблицах, то процесс оптимизации прекращается. Если совпадающих наборов аргументов в текущем интервале поиска не найдено, то его размер увеличивается на единицу и поиск начинается с начала.

Научная новизна. Предложен метод многокритериальной разнонаправленной условной оптимизации для неявно заданных унимодальных и не унимодальных целевых функций не учитывающий информацию о предпочтениях, проводящий поиск компромиссного решения в центральной части фронта Паретто, определяющий единственное оптимальное решение, наилучшим образом удовлетворяющее всем критериям.

Практическая значимость. Возможность решения проектных разнонаправленных многокритериальных задач оптимизации без явно заданных целевых функций. При этом проектные критерии могут определяться на основе методик расчета и не иметь конкретной функции.

Результаты. Представлен метод условной многокритериальной оптимизации для неявно заданных целевых функций, отличающийся высокой универсальностью. Однако существенным недостатком представленного метода является высокая ресурсоёмкость. Направлением дальнейших исследований является устранение данного недостатка.

Ключевые слова: методы оптимизации, многокритериальная оптимизация, неявно заданные функции, фронт Паретто, поиск компромиссного решения, критерии оптимизации.

doi: 10.31721/2306-5435-2017-1-102-26-31

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В практической инженерной деятельности, как при проектировании, так и при выборе режимов эксплуатации, часто встречаются задачи, заключающиеся в поиске лучшего (оптимального) решения при наличии различных несводимых друг к другу критериев оптимальности. Например, при поиске оптимальной конструкции детали, конструктор пытается максимизировать запас прочности и минимизировать массу. Очевидно, этого невозможно достичь одновременно, поскольку, чем больше запас прочности, тем массивнее должна быть деталь и тем больше ее масса. Задачи такого типа очень часто встречаются при проектировании, когда в результате расчетов есть несколько вариантов машины, отличающиеся параметрами и необходимо найти лучший вариант. Причем по одним критериям нужно искать максимум, а по другим - минимум.

Характерной особенностью проектных задач является то, что нет явно заданных целевых функций, а есть только методика расчета каких-то критериев, которые необходимо максимизировать или минимизировать. Свести такие критерии к одной функции достаточно затруднительно. Из-за этого изначально неизвестно, что представляет собой такая целевая функция – линейна она или не линейна, унимодальна или не унимодальна. А аргументы могут быть выражены количественно (численно) или качественно. Например, при выборе наилучшей машины по нескольким критериям, марка машины выступает в качестве аргумента, имеющего качественный характер, а различные критерии - в качестве целевых функций.

Анализ исследований и публикаций. Существует большое разнообразие классов задач оптимизации и, соответственно, методов их решения [1-15].

Одними из простейших методов многокритериальной оптимизации являются методы, проводящие поиск компромиссного решения в центральной части фронта Паретто и не учитывающие информацию о предпочтениях. Примерами таких методов являются метод сум-