

Л. А. Тарандушка, к.т.н., доцент,
e-mail: Tarandushkalyuda@rambler.ru

М. Л. Павлик, студент

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

РОЗРАХУНОК ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ З РІЗНИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ

Паливна економічність та екологічна чистота автотранспортних засобів стають ключовою проблемою розвитку сучасного автомобілебудування. У сучасних автомобілях екологічна та економічна ефективність впроваджується за рахунок використання електричного привода. Стаття має за мету підвищення ефективності використання електромобілів за рахунок визначення витрат на їх енергоресурси в Україні.

У статті проведено аналіз паливної економічності автомобілів «Skoda Superb», «Honda Accord» і «Tesla Model S». Проведено порівняльний розрахунок еквівалентної витрати енергоресурсів для них. Також визначено, що впровадження екологічно чистих технологій на автомобілях дозволить підвищити їх паливну економічність і знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, гібридний автомобіль, електромобіль, витрати енергоресурсів, енергетичні установки, енергоносії.

Постановка проблеми. Автомобіль XXI ст. має бути екологічно чистим. В усіх розвинених країнах світу реалізуються державні програми з розвитку екологічного, ресурсозберігаючого та економічного транспорту. Паливна економічність та екологічна чистота автотранспортних засобів стають ключовою проблемою розвитку сучасного автомобілебудування. У сучасних автомобілях екологічна та економічна ефективність впроваджується за рахунок використання електричного привода. До таких автомобілів відносяться електромобілі та гібридні автомобілі.

У зв'язку з цим аналіз та розрахунок паливної економічності легкових автомобілів з різними енергетичними установками є актуальними для різних країн світу.

Аналіз останніх джерел. Перспективним екологічно чистим автотранспортним засобом з нульовими викидами шкідливих речовин (Zero Emission Vehicle) є електромобіль.

Питаннями паливної економічності легкових автомобілів займаються О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, В. Я. Двадненко, А. О. Смирнова.

Корпорації Сполучених Штатів Америки (США) – «Tesla Motors» та «Phoenix Motorcars», Японії – «Nissan» і «Mitsubishi», а також багато інших корпорацій розробили та продають на ринках США, Європи та Азії се-

рійні електромобілі «Tesla Model S», «Mitsubishi I-MiEV», «Nissan Leaf» тощо.

Мета роботи – підвищення ефективності використання електромобілів за рахунок проведення розрахунків витрат на їх енергоресурси в Україні.

Завданнями дослідження є розрахунок паливної економічності легкових автомобілів з різними енергетичними установками, такими як: автомобіль з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) «Skoda Superb», гібридний автомобіль «Honda Accord» та електромобіль «Tesla Model S», визначення паливної економічності легкових автомобілів з різними енергетичними установками в Україні, формулювання висновків щодо найбільш економічних автомобілів серед запропонованих з різними енергетичними установками.

Виклад основного матеріалу. ДВЗ автомобіля в міському режимі руху працює в неоптимальному режимі і з невисоким коефіцієнтом корисної дії (ККД). Це пов'язано з тим, що 75 % легкових автомобілів в Європі проїжджають в день не більше 100 км, а близько 50 % – до 70 км [5]. Для автомобіля це фактично означає, як мінімум, дві поїздки по 10...20 км в кожную сторону. Характерним режимом використання легкового автомобіля є поїздки на роботу і назад. При середній швидкості близько 60 км/год. це означає, що тривалість поїздки становить всього 20...40 хв. У

зв'язку з цим виникає необхідність визначення найбільш економічного міського автомобіля [1].

Створення екологічно чистих авто-транспортних засобів є одним із найбільш перспективних напрямків сучасного автомобілебудування. Впровадження екологічно чистих технологій на автомобілях дозволить підвищити їх паливну економічність і знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Екологічно чистий автомобіль, поряд з підвищенням економічності, переходить на новий якісний рівень – рух на електроприводі. Це автомобіль з електричною енергетичною установкою, що має такі позитивні характеристики: низьку собівартість проїзду, підвищений ККД силової установки, низьку або повну відсутність шкідливих викидів в атмосферу, високий рівень інтерфейсу й інші позитивні якості [2].

Електромобілі мають значні перспективи розвитку.

Японська компанія «Mitsubishi Motors» у 2009 р. розпочала промислове виробництво електромобілів на базі «Colt». На ньому були встановлені літій-іонні акумулятори. Існуючі прототипи мали дальність пробігу 200 км.

Ведуться роботи над створенням акумуляторних батарей з малим часом зарядження (близько 15 хв), в тому числі й із застосуванням нано-матеріалів. На початку 2005 р. компанія «Altairnano» оголосила про створення інноваційного матеріалу для електродів акумуляторів. У травні 2006 р. успішно завершилися випробування автомобільних акумуляторів з $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ електродами. Акумулятори мають час зарядження 10-15 хв. [6].

Розглядається також можливість використання як джерел струму не акумуляторів, а іоністорів (суперконденсаторів), що мають дуже малий час зарядження, високу енергоефективність (більше 95%) і набагато більший ресурс циклів зарядження-розрядження (до кількох сотень тисяч). Дослідні зразки іоністорів на графені мають питому енергоємність 32 Вт·год/кг, порівняно зі свинцево-кислотними акумуляторами (30-40 Вт·год/кг) [7].

Розробляються електричні автобуси на повітряно-цинкових (Zinc-air) акумуляторах.

У серпні 2006 р. міністр економіки, торгівлі і промисловості Японії затвердив план розвитку електромобілів, гібридних автомобілів і акумуляторів для них. Планом було пе-

редбачено до 2010 р. розпочати в Японії масове виробництво двомісних електромобілів з дальністю пробігу 80 км на одному зарядженні, а також збільшити виробництво гібридних автомобілів [3].

За прогнозами «Price Waterhouse Coopers», до 2017 р. світове виробництво електромобілів зросте до 500 тис. од. на рік.

Всі сучасні електромобілі створені на основі концепт-карів. Для прикладу, «General Motors» у січні 2007 р. представив концепт-кар «Chevrolet Volt», здатний проїжджати в режимі електромобіля 185 км. На франкфуртському автосалоні було представлено електричний концепт-кар «Trabant NT», покликаний відродити славетну марку «Trabant».

Також відомим став прототип «Eliica» (Electric Lithium-Ion Car), що дебютував у 2003 р. під назвою «KAZ» як 8-місний 8-колісний концепт лімузинно-вагонної компоновки довжиною 6,7 м. Він встановив кілька світових рекордів швидкості. Згодом концепт-кар було доопрацьовано і представлено споживачам під назвою «Eliica». Машина довжиною 5,1 м оснащена літій-іонним акумулятором і здатна розганятися до 100 км/год. за 4 с, максимальна швидкість становить 370 км/год. (рекорд продемонстрований на італійському автодромі «Нардо»).

Позитивним фактором для електромобілів буде те, що в Україні відкриваються 34 нові електрозаправні пункти для електромобілів. Всі заправні станції знаходяться на території АЗС «ОККО» при мережі дорожніх ресторанів «La Minute» і розкидані по всій Україні. Заряджати електроавтомобілі на цих станціях можна абсолютно безкоштовно.

Станції будуть універсальними для всіх моделей електромобілів і встановлюються на основних автомобільних артеріях країни. У Київській області всього сім пунктів електрозаправлення. Ще сім – у Львівській, п'ять – у Дніпропетровській, три – в Рівненській, по дві – у Волинській, Одеській, Харківській та Черкаській і по одній – в Житомирській, Закарпатській, Кіровоградській та Полтавській областях. Подивитися їх розміщення можна на карті сервісу «Plug Share» [4].

Також у США компанія «Тесла» впровадила експрес-заміну акумуляторних батарей. Процес виглядає таким чином: електромобіль зупиняється над технологічним отвором на

станції, де сенсори вирівнюють його таким чином, щоб автоматизована система змогла, відкрутивши болти, витягти розряджену батарею і встановити на її місце нову. Таким чином, жодної участі ні самого водія, ні «заправника» не потрібно. Витрачений час на заміну акумулятора становить приблизно 90 с.

Для автомобілів з ДВЗ та гібридних автомобілів розрахунок паливної економічності визначається шляхом витрати палива на 100 км пробігу в змішаному циклі руху. Дані по витратах палива беруть з технічних характеристик автомобілів.

«Skoda Superb» (2015 р. в.) витрачає 7,1 л палива в змішаному циклі руху (бензин А-95) на 100 км пробігу (далі – л/100 км).

«Honda Accord» (2014 р. в.) у змішаному циклі руху витрачає (бензин А-95) 4,5 л/100 км.

Середня вартість бензину А-95 на заправних станціях України у квітні 2016 р. досягла 20,17 грн. за 1 л.

Розраховуємо витрати на паливо $B_{100 \text{ км. пр.}}$ для автомобіля з ДВЗ та гібридного автомобіля на 100 км пробігу (далі – км пробігу).

Для автомобіля з ДВЗ («Skoda Superb» 2015 р. в.):

$$B_{100 \text{ км. пр.}} = C_{1 \text{ л. п.}} \cdot W_{\text{л. п./100 км}} = 20,17 \cdot 7,1 = 143,21 \text{ (грн.)}, \quad (1)$$

де $B_{100 \text{ км. пр.}}$ – витрати на бензин на 100 км пробігу, грн.;

$C_{1 \text{ л. п.}}$ – середня ціна 1 л бензину в Україні на квітень 2016 р., грн.;

$W_{\text{л. п./100 км}}$ – витрата бензину на 100 км пробігу, л/100 км.

Для гібридного автомобіля («Honda Accord» 2014 р. в.):

$$B_{100 \text{ км. пр.}} = C_{1 \text{ л. п.}} \cdot W_{\text{л. п./100 км}} = 20,17 \cdot 4,5 = 90,76 \text{ (грн.)}. \quad (2)$$

Отже, ми визначили, що для подолання 100 км шляху автомобіля з бензиновим ДВЗ («Skoda Superb» 2015 р. в.) потрібно витратити 143 грн. 21 коп., а гібридному автомобілю («Honda Accord» 2014 р. в.) – 90 грн. 76 коп.

Для визначення паливної економічності електромобіля потрібно визначити: тариф на електроенергію на квітень 2016 р., витрату електроенергії акумуляторної батареї елект-

ромобіля для подолання 1 км шляху, вартість електроенергії, яку витрачає електромобіль на 1 км пробігу, та вартість електроенергії, яку витрачає електромобіль на 100 км пробігу.

Середнє значення вартості 1 кВт·год. електроенергії, що відпускається населенню та населеним пунктам (з урахуванням ПДВ), на квітень 2016 р. становить від 57 до 156 коп. Для розрахунку приймемо середнє значення тарифу за електроенергію для населення 0,99 грн./кВт·год. за обсяг, спожитий до 600 кВт·год. електроенергії на місяць, тому що зарядження тягової акумуляторної батареї електромобіля потребує значних витрат електричної енергії.

З урахуванням ККД зарядного пристрою (ЗП) η ККД ЗП для «Tesla Model S» становить понад 90% (приймаємо 90%), визначаємо вартість 1 кВт·год. енергії $C_{\text{Ел.ТАБ}}$, що запасується в тяговій акумуляторній батареї електромобіля від стаціонарної електричної мережі 220 В, 50 Гц.

$$C_{\text{Ел.ТАБ}} = (C_{\text{кВт}} / \eta) \cdot 100\% = (0,99 / 90) \cdot 100\% = 1,1 \text{ (грн./кВт·год.)}, \quad (3)$$

де $C_{\text{кВт}}$ – тариф на електроенергію за 1 кВт·год. на квітень 2016 р., грн.;

η – ККД зарядного пристрою (90 %).

Вартість електроенергії $C_{\text{Ел.енерг.}}$, що витрачає електромобіль на 1 км пробігу,

$$C_{\text{Ел.енерг.}} = W_{\text{Ел.енерг.}} \cdot C_{\text{Ел.ТАБ}} = 0,239 \cdot 1,1 = 0,26 \text{ (грн./км)}, \quad (4)$$

де $W_{\text{Ел.енерг.}}$ – витрата електроенергії акумуляторної батареї електромобіля на 1 км пробігу, кВт·год./км.

Вартість електроенергії $C_{\text{Ел.енерг.(100)}}$, що витрачає електромобіль на 100 км пробігу,

$$C_{\text{Ел.енерг.(100)}} = C_{\text{Ел.енерг.}} \cdot 100 = 0,26 \cdot 100 = 26 \text{ (грн./100 км)}. \quad (5)$$

Результати досліджень. Проводимо порівняння витрат на енергоресурси для автомобіля з ДВЗ («Skoda Superb» 2015 р. в.), гібридного автомобіля («Honda Accord» 2014 р. в.) та електромобіля («Tesla Model S» 2015 р. в.).

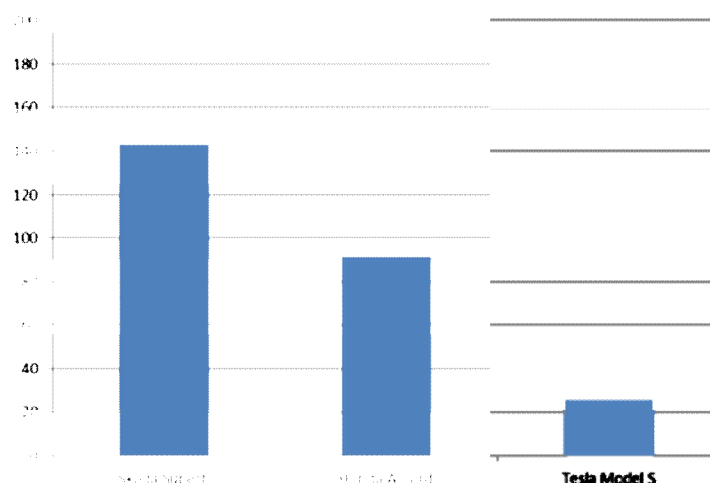
Для порівняння вищезазначених розрахунків заносимо розраховані дані в табл. 1. Для наочного порівняння розрахункових даних показуємо їх на рис. 1.

Таблиця 1

**Результати розрахунку паливної економічності легкових автомобілів
з різними енергетичними установками**

Параметр	Розмірність	Автомобіль		
		Skoda Superb	Honda Accord	Tesla Model S
Вартість енергоресурсів для кожного типу автомобіля	(грн./1 л.п.) (грн./1кВт-год)	20,17	20,17	0,99
Витрата енергоресурсів на 1 км. пробігу	(л./1 км) (кВт-год/1 км)	0,071	0,045	0,019
Витрата енергоресурсів на 100 км. пробігу	(л./100 км) (кВт-год/100 км)	7,1	4,5	2,9
Вартість енергоресурсів на 100 км пробігу	(грн./100 км.)	143,21	90,76	26

Вартість енергоресурсів на 100 км. пробігу



**Рис. 1. Результати розрахунку паливної економічності легкових автомобілів
з різними енергетичними установками**

Результати розрахунку показують, що:

- витрати електроенергії на 100 км пробігу для електромобіля майже у 3,5 (3,49) разу менші, ніж витрати палива у гібридного автомобіля;

- витрати електроенергії на 100 км пробігу для електромобіля у 5,5 разу менші, ніж у автомобіля з ДВЗ.

Висновки. У статті було виконано аналіз переваг та недоліків використання електромобілів, гібридних автомобілів та автомобілів з ДВЗ і розрахунок паливної економічності легкових автомобілів з ДВЗ, гібридного автомобіля та електромобіля. Розрахунки та отримані дані було порівня-

но і встановлено, що електромобіль значно вигідніший в експлуатації, ніж автомобіль з ДВЗ та гібридний автомобіль.

Список літератури

1. Смирнов О. П. Розрахунок еквівалентних витрат палива електромобілями у різних країнах / О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський // Вид. ХНАДУ. – 2013. – № 1. – С. 25–31.
2. Pesaran, A. Addressing the impact of temperature extremes on large format Li-Ion batteries for vehicle applications / Ahmad Pesaran, Shriram Santhanagopalan,

- and Gi-Heon Kim // 30th International Battery Seminar, Ft. Lauderdale, FL; March 11-14, 2013. NREL Report No. PR-5400-58145.
3. <http://hybroid.ru/honda-accord.hybrid.html>
 4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S
 5. <http://vseazs.com/>
 6. <http://www.nerc.gov.ua/?id=14359>
 7. <http://motocarrello.ru/jelektromobili-tesla/1131-zarjadka-tesla-model-s.html>
- countries. *Vyd. KhNADU*, No. 1, pp. 25–31 [in Ukrainian].
2. Pesaran, Ahmad, Santhanagopalan, Shriram and Kim, Gi-Heon (2013) Addressing the impact of temperature extremes on large format Li-Ion batteries for vehicle applications. Presented at 30th International Battery Seminar, Ft. Lauderdale, FL; March 11-14. NREL Report No. PR-5400-58145.
 3. <http://hybroid.ru/honda-accord.hybrid.html>
 4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S
 5. <http://vseazs.com/>
 6. <http://www.nerc.gov.ua/?id=14359>
 7. <http://motocarrello.ru/jelektromobili-tesla/1131-zarjadka-tesla-model-s.html>

References

1. Smyrnov, O. P. and Bohayevs'kyi, O. B. (2013) The calculation of equivalent fuel consumption by electric cars in various

L. A. Tarandushka, Ph.D., associate professor,
e-mail: Tarandushkalyuda@rambler.ru

M. L. Pavlic, student
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

FUEL ECONOMY CALCULATION FOR CARS WITH DIFFERENT POWER PLANTS

Introduction. The car of the XXI century should be environmentally safe. State programs on the development of ecological, resource saving and efficient transport are being implemented in all developed countries. Fuel efficiency and environmental safety of motor vehicles become a key problem of the development of modern motor industry. In modern motor vehicles environmental and economic efficiency is introduced by the use of electric drive. Such vehicles include electric vehicles and hybrid cars. In this regard, the analysis and calculation of fuel economy for cars with different electric power plants are relevant for different countries.

The purpose of the study, statement of the problem. This work aims at the increase of efficiency of the use of electric vehicles by determining the costs of their energy resources in Ukraine.

The task of the study is to calculate fuel economy of cars with various power plants, such as: a vehicle with combustion engine (Skoda Superb), hybrid car (Honda Accord) and electric car (Tesla Model S).

Presentation of the basic material. The creation of environmentally safe vehicles is one of the most promising areas of modern motor industry. The introduction of environmentally safe technologies on motor vehicles will improve their fuel efficiency and reduce the emission of harmful substances into the atmosphere.

Results. The design of passenger cars with different power plants is examined. Fuel economy of Skoda Superb, Honda Accord and Tesla Model S is analyzed. A comparative calculation of equivalent cost of energy for different types of cars is made.

Insights. It is established that electric cars are much more economically advantageous to operate than hybrid ones and cars with combustion engine.

Key words: engine, hybrid car, electric car, energy consumption, power plants, energy sources.