

УДК 629.3+504

А.О. Смирнова, аспірант*Харківський національний автомобільно-дорожній університет**вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61002**smirnov@inbox.ru***ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ**

В роботі проведений порівняльний аналіз паливної економічності гібридних автомобілів Chevrolet Volt та Toyota Prius PHV. Розроблена методика розрахунку вартості їх енергоносіїв та еквівалентної витрати палива на території України в залежності від пробігу. Отримані порівняльні характеристики та сформульовані висновки щодо економічності цих автомобілів.

Ключові слова: паливна економічність, гібридний автомобіль, електрична енергія, пробіг на електротязі, витрата палива.

Постановка проблеми. Останнім часом на дорогах України все частіше можна зустріти автомобілі з гібридними силовими установками, а на міжнародних автосалонах в Парижі, Детройті, Женеві, Токіо та інших містах світу демонструють екологічно чисті автотransпортні засоби: від гібридних спортивних суперкарів до позашляховиків з електричним приводом. Але не завжди технічні та економічні характеристики цих автомобілів адекватно можуть бути розцінені споживачами. В зв'язку з цим реальна оцінка витрати енергії, собівартості експлуатації та еквівалентної витрати палива гібридними автомобілями стає актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Паливна економічність автотransпортних засобів є основним показником сучасного автомобіля. Витрата палива у різних режимах руху є визначальним показником при покупці автомобіля. Споживачі автомобілів віддають перевагу економічним та екологічним автомобілям і виходячи з цього для моделювання паливної економічності гібридних автомобілів були обрані найбільш розповсюджені гібридні автомобілі Toyota Prius та Chevrolet Volt.

В ХНАДУ проводяться досконалі дослідження з розробки та експлуатації гібридних автомобілів, а також з визначення їх паливної економічності. Матеріали даного дослідження є логічним продовженням робіт, які проводяться на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ [1,2].

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності використання гібридних автомобілів за рахунок порівняльного аналізу їх паливної економічності. Задачами дослідження є дослідження порівняльних характеристик гібридних автомобілів Chevrolet Volt і Toyota Prius PHV в режимі електромобіля та у гібридному режимі, розрахунок вартості їх енергоносіїв, які є складовою частиною експлуатаційної собівартості таких автомобілів, а також еквівалентної витрати палива в залежності від щоденного пробігу автомобіля на території України.

Дослідження та порівняльний аналіз паливної економічності гібридних автомобілів. Для порівняльного аналізу обрано два найбільш розповсюджені та перспективних серійних гібридних автомобілів: Toyota Prius PHV та Chevrolet Volt. Автомобіль Toyota Prius Plug-in Hybrid (PHV) – це остання модифікація наймасовішого гібридного автомобіля Toyota Prius, який серійно виготовляється з 1997 р. Chevrolet Volt позиціонується як електромобіль зі збільшеним запасом ходу (E-REV) і відрізняється від Toyota Prius тим, що його ДВЗ не має механічного зв'язку з ведучими колесами, а використовується тільки для генерації електричної енергії для тягового електричного двигуна та заряду тягових акумуляторних батарей. У таблиці 1 зведені порівняльні технічні характеристики гібридних автомобілів Toyota Prius PHV і Chevrolet Volt за паспортними даними.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики гібридних автомобілів

Основні характеристики		Гібридні автомобілі	
		Prius PHV	Volt
1		2	3
Начало продажу		2011	2010
Батарея	Ємність, А·год. (кВт·год.)	15 (4,4)	44 (16)
	Напруга, В	345,6	360
Час заряду від стандартної мережі, хв.		90 (від 220 В)	180 (від 120 В)
Потужність електродвигуна, кВт		60	111
Пробіг на електричній тязі, км		20	60
Розгін від 0 до 100 км/год., с		11,4	9,0
Гібридна схема		послідовно-паралельна	послідовна

Продовження таблиці 1

1		2	3
ДВЗ	Потужність, кВт (к.с.)	73 (98)	63,2 (86)
	Макс. оберти, об./хв.	5200	4800
	Об'єм, л	1,8	1,4
Максимальна швидкість / на електродвигуні, км/год.		180 / 85	160 / 160
Викиди CO ₂ , г/км		49	60
Середній розхід палива, л/100 км		2,6	5
Маса, кг		1525	1715

Вартість експлуатації гібридних автомобілів на відміну від звичайних автомобілів з ДВЗ, значно залежить від щоденного пробігу. Світова статистика пробігу міського автомобіля показує, що 80 % легкових автомобілів в Європі проїжджають на день не більше 40 км, а близько 50 % – до 20 км. Для автомобіля це фактично означає, як мінімум 2 поїздки, по 10...20 км в кожную сторону, як правило, у міському режимі руху.

Лабораторні тести на економічність автомобілів, що проводяться агентством федерального уряду США з охорони навколишнього середовища (Environmental Protection Agency, EPA), показали, що Chevrolet Volt в режимі електромобіля витрачає 35 кВт·год./100 миль, а в гібридному режимі має витрату палива 37 mpg. Витрата палива в mpg показує відстань у милях (1,609 км), яку автомобіль може подолати на одному галоні (3,785 л) палива (mpg). Toyota Prius PHV у гібридному режимі має еквівалентну витрату палива 50 mpg [3].

Офіційні дані про економічність та дальність пробігу на електричній тязі гібридних автомобілів не завжди співпадають з реальними вимірюваннями. Реальні незалежні тести на економічність автомобілів Toyota Prius PHV та Chevrolet Volt показали, що Prius PHV в режимі електромобіля витрачає 23,2 кВт·год. для подолання 100 миль, а Volt на цю же відстань витрачає 39,0 кВт·год./100 миль. В гібридному режимі Prius PHV показав 47,2 mpg, а автомобіль Chevrolet Volt – 31,1 mpg. На одному заряді тягових акумуляторних батарей Toyota Prius PHV може подолати 14,6 миль, Chevrolet Volt – 33,9 миль [4].

Результати незалежного тестування на економічність гібридних автомобілів Toyota Prius PHV і Chevrolet Volt перераховані у Європейську систему та зведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати порівняльних тестів на економічність гібридних автомобілів

Результати тесту	Гібридні автомобілі	
	Prius PHV	Volt
Витрата електроенергії в режимі електромобіля, кВт·год./160 км	23,2	39,0
Витрата палива в гібридному режимі, л/100 км	4,98	7,56
Запас ходу на одному заряді батареї в режимі електромобіля, км	23,49	54,55

Визначення економічності гібридних автомобілів відбувається за рахунок вимірювання розходу електричної енергії, яка витрачається на заряд тягової акумуляторної батареї, та витрати палива в гібридному режимі.

Для проведення порівняльного аналізу між вартістю експлуатації гібридних автомобілів Toyota Prius PHV і Chevrolet Volt на території України необхідно визначитись з загальнонаціональними цінами на бензин та електричну енергію. За статистичними даними у квітні 2013 року середні по Україні роздрібні ціни на нафтопродукти збільшилися на 0,7...1,5 %, а середня по Україні роздрібна ціна на бензин А-95 перевищила 11 грн./л (за даними Консалтингової групи А-95) [5].

Середня вартість електричної енергії в Україні для населення згідно з постановою НКРЕ № 497 від 23.04. "Про зміну тарифів на електричну енергію, що відпускається населенню і населеним пунктам, та внесення змін до Порядку застосування тарифів на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам", вартість 1 кВт·год. електроенергії, що відпускається населенню та населеним пунктам (з урахуванням ПДВ) складає в залежності від категорії споживачів від 0,2154 коп. до 0,3648 коп. Для розрахунку приймемо тариф на електроенергію для населення $C_{\text{кВт}} = 0,3648$ грн. в зв'язку з тим що заряд тягової акумуляторної батареї гібридного автомобіля потребує значних витрат електричної енергії.

Вартість експлуатації гібридних автомобілів можна розрахувати на яку завгодно відстань S , яка в загальному вигляді складається з двох складових

$$S = S_{\text{Електро}} + S_{\text{Гібрид}}, \quad (1)$$

де $S_{\text{Електро}}$ – відстань, яку гібридний автомобіль в змозі подолати у режимі електромобіля на одному заряді акумуляторних батарей, км;

$S_{Гібрид}$ – відстань, яку гібридний автомобіль долає у гібридному режимі при витраченій енергії акумуляторних батарей, км;

Тому і вартість експлуатації гібридних автомобілів $C_{ЕксплГА}$ залежить від двох складових, грн.

$$C_{ЕксплГА} = C_{Електро} + C_{Гібрид}, \tag{2}$$

де $C_{Електро}$ – вартість експлуатації гібридного автомобіля у режимі електромобіля, грн.;

$C_{Гібрид}$ – вартість експлуатації автомобіля у гібридному режимі, грн.

Проведемо розрахунок цих складових виходячи з експериментальних даних таблиці 2

$$C_{Електро} = \frac{S_{Електро} \cdot W_{Ел} \cdot C_{ЕлТАБ}}{160}, \tag{3}$$

де $S_{Електро}$ – запас ходу на одному заряді ТАБ в режимі електромобіля, км;

$W_{Ел}$ – витрата електроенергії в режимі електромобіля, кВт·год./160 км

$C_{ЕлТАБ}$ – вартість 1 кВт·год. енергії, що запасється в ТАБ від стандартної електричної мережі, грн./кВт·год.

$$C_{Гібрид} = \frac{S_{Гібрид} \cdot Q_{Гібрид} \cdot C_{Палива}}{100} \tag{4}$$

де $S_{Гібрид}$ – відстань яку подолає автомобіль в гібридному режимі, км;

$Q_{Гібрид}$ – витрата палива в гібридному режимі, л/100 км

$C_{Палива}$ – вартість палива, грн./л.

З урахуванням формул (1-4) вартість енергоносіїв для гібридних автомобілів $C_{ЕксплГА}$ приймає вигляд:

$$C_{ЕксплГА} = \frac{S_{Електро} \cdot W_{Ел} \cdot C_{кВт} + S_{Гібрид} \cdot Q_{Гібрид} \cdot C_{Палива}}{160 + 100} \tag{5}$$

Розрахуємо вартість енергоносіїв (електричної енергії та бензину) для гібридних автомобілів з урахуванням реального тестування на економічність гібридних автомобілів Toyota Prius PHV і Chevrolet Volt. Отриману вартість еквівалентно перерахуємо у витрату палива.

Результати розрахунку енергетичної економічності гібридних автомобілів Chevrolet Volt та Toyota Prius PHV на території України на відстань від 10 до 500 км на одному заряді акумуляторних батарей зведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку енергетичної економічності гібридних автомобілів на території України

Пробіг, км	Гібридні автомобілі							
	Prius PHV				Volt			
	Вартість енергоносіїв		Перерахунок у витрату палива		Вартість енергоносіїв		Перерахунок у витрату палива	
	грн.	грн./км	л	л/100км	грн.	грн./км	л	л/100км
10	0,58	0,06	0,05	0,53	0,98	0,10	0,09	0,89
20	1,16	0,06	0,11	0,53	1,95	0,10	0,18	0,89
40	10,40	0,26	0,95	2,36	3,90	0,10	0,35	0,89
60	21,36	0,36	1,94	3,24	9,89	0,16	0,90	1,50
100	43,27	0,43	3,93	3,93	43,15	0,43	3,92	3,92
200	98,05	0,49	8,91	4,46	126,31	0,63	11,48	5,74
300	152,83	0,51	13,89	4,63	209,47	0,70	19,04	6,35
400	207,61	0,52	18,87	4,72	292,63	0,73	26,60	6,65
450	235,00	0,52	21,36	4,75	334,21	0,74	30,38	6,75
500	262,39	0,52	23,85	4,77	375,79	0,75	34,16	6,83

Порівняльний графік залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу автомобілів Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV на території України наведені на рисунку 1

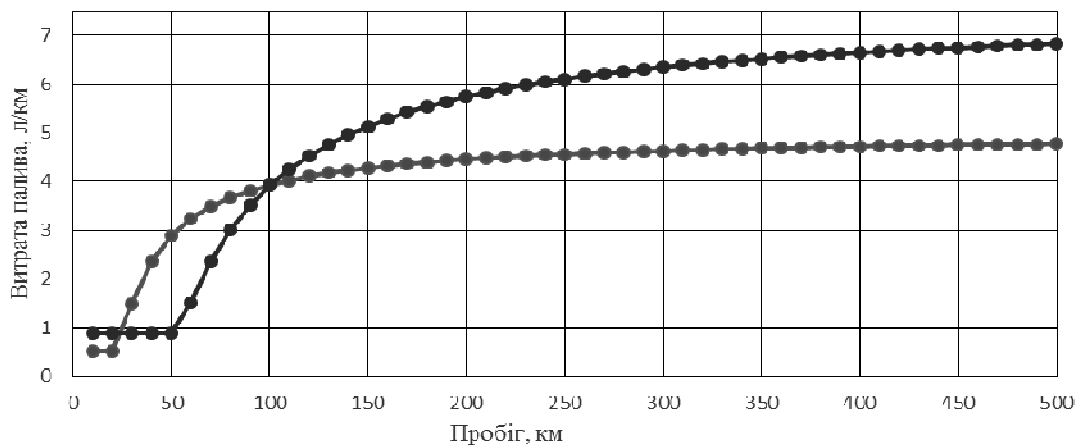


Рисунок 1 – Графік залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу гібридних автомобілів Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV на території України

Висновок. Паливна економічність гібридних автомобілів залежить від щоденного пробігу на відміну від традиційних автомобілів з ДВЗ. Результати розрахунку еквівалентної паливної економічності гібридних автомобілів показує, що на невеликих відстанях, коли використовується режим електромобіля, вартість експлуатації гібридних автомобілів на території України у 7...10 разів менш, ніж у гібридному режимі. Тому можна зробити висновок, що гібридні автомобілі доцільно використовувати у міському режимі руху при невеликому середньодобовому пробігу на електричній тязі. Порівняльний розрахунок еквівалентної витрати палива гібридних автомобілів на території України показує, що Chevrolet Volt варто використовувати при добовому пробігу до 100 км, якщо прогнозований добовий пробіг вище 100 км, то доцільно обирати автомобіль Toyota Prius PHV.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, В.Я. Двядненко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
2. Гібридні автомобілі / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков [та ін.]. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 327 с.
3. Electric car [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car
4. Car Reviews [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.edmunds.com/chevrolet/volt/2011/comparison-test.html>.
5. Корреспондент.biz [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://korrespondent.net/business/economics/1339756-v-ukraine-srednyaya-roznichnaya-cena-benzina-a-95-prevysila-11-grn-za-litr>.

Надійшла до редакції 17.05.2013 р.

Смирнова А.О. Сравнительный анализ топливной экономичности гибридных автомобилей

В данной работе проведен сравнительный анализ топливной экономичности гибридных автомобилей Chevrolet Volt и Toyota Prius PHV. Разработана методика расчета стоимости их энергоносителей и эквивалентного расхода топлива на территории Украины в зависимости от пробега. Получены сравнительные характеристики и сформулированы выводы про экономичность таких автомобилей.

Ключевые слова: топливная экономичность, гибридный автомобиль, электрическая энергия, пробег на электрической тяге, расход топлива.

Smirnova A.O. Comparative analysis of the fuel efficiency of hybrid cars

In this work, a comparative analysis of the fuel efficiency of hybrid cars. Chevrolet Volt and Toyota Prius PHV. The method of calculating the cost of energy carriers and the equivalent fuel consumption in Ukraine, depending on the mileage. The comparative characteristics and formulate conclusions about the efficiency of such vehicles.

Keywords: fuel economy, hybrid car, electric power, mileage on electricity, fuel consumption.