

УДК 629.3+504

**О. П. СМІРНОВ**, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ;  
**О. Б. БОГАЄВСЬКИЙ**, д-р. техн. наук, проф. ХНАДУ;  
**А. О. СМІРНОВА**, асп. ХНАДУ

## РОЗРАХУНОК ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ВИТРАТИ ПАЛИВА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ У РІЗНИХ КРАЇНАХ

Наведена методика розрахунку економічності електромобілів. Проведений аналіз паливної економічності електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV. Проведений порівняльний розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах світу. Зроблено висновки щодо економічності електромобілів.

**Ключові слова:** електромобіль, економічність, екологічність, витрата палива, режим руху, енергоносії.

**Вступ.** Автомобіль XXI ст. має бути екологічно чистим. У всіх розвинутих 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 [1,2].

У зв'язку з цим розрахунок та оцінка еквівалентної витрати палива електромобілями при їх експлуатації в різних країнах стає актуальною задачею. Справа у тому що в різних країнах світу еквівалентна витрата палива електромобілями буде теж різною. Це пов'язане з різною вартістю енергоносіїв (електричної енергії та палива) в цих країнах.

Постійне зростання цін на газ та нафту обумовлює причини, за якими споживачі обирають автомобілі, які забезпечують низьку витрату палива без шкоди для технічних характеристик. На сьогоднішній час електромобілі ще не набули широкого розповсюдження та поки не можуть стати достойними конкурентами звичайним автомобілям за дальністю пробігу, динамікою, ціною та мережею заправних станцій. За прогнозами експертів, до 2020 р. частка транспорту на електричній тязі може досягти 5...10 % від загального числа автомобілів. Для того, щоб споживачам оцінити дійсну економічність сучасних серійних електромобілів, які надходять на ринок України та на ринок інших країн, проведено це дослідження.

Для рішення даної проблеми розроблені методологічні основи оцінки паливної економічності електромобілів. Для визначення еквівалентного розходу палива автомобілів з електроприводом проведений перерахунок витрат електроенергії тягових акумуляторних батарей у еквівалентну витрату палива. Це важливо для користувачів екологічно чистих автотранспортних засобів, власників автомобільних підприємств, які мають в автопарку електромобілі чи планують їх придбати. Для визначення еквівалентної витрати палива у різних країнах світу обрані серійні електромобілі Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Перспективним екологічно чистим автотранспортним засобом з нульовими викидами шкідливих речовин (Zero Emission Vehicle) є електромобіль. Японські корпорації Nissan Motor та Mitsubishi Motors Corp розробили та продають на ринках США, Європи та Азії серійні електромобілі Nissan

© О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова, 2013

Leaf та Mitsubishi i-MiEV (Mitsubishi Innovative Electric Vehicle).

Протягом багатьох років автомобільний інтернет-ресурс Kelley Blue Book, що спеціалізується на консультаціях по підборі автомобілів, складає рейтинг найбільш економічних та екологічних автомобілів, надаючи покупцям данні про тенденції ринку. Відповідно американським стандартам за одиницю виміру економічності засобів транспорту береться відстань у милях (1,609 км), яку автомобіль може подолати на одному галоні (3,785 л) палива (mpg). Для визначення економічності електромобілів вимірюється розхід електроенергії тягової акумуляторної батареї та еквівалентно перераховується за вартістю у витрату палива.

Найекологічнішим автомобілем 2011 р. за даними інтернет-ресурсу Kelley Blue Book був названий електромобіль Nissan Leaf, який втрачає 765 кДж/км або 212,5 Вт·год./км, що згідно еквівалентному перерахунку у витрату палива за цінами США складає близько 99 mpg або 2,38 л на 100 км. Друге місце посів гібридний автомобіль Chevrolet Volt з витратою палива 2,53 л/100 км. Найбільш розповсюджений гібридний автомобіль Toyota Prius посів третє місце з результатом 3,9 л/100 км [3].

Тести на економічність електромобілів, гібридних автомобілів та звичайних автомобілів проводить також Управління з охорони навколишнього середовища США (U.S. Environmental Protection Agency або EPA) складає рейтинг економічності автомобілів. Витрата енергії електромобілів перераховується у об'єм палива у міському та заміському циклах руху за прийнятою формулою, в якій 33,7 кВт·год. дорівнює 1 галону бензину. За тестами EPA паливна економічність електромобіля Mitsubishi i-MiEV складає 126 mpg в міському режимі та 99 mpg за містом, а у електромобіля Nissan Leaf показники трохи гірші – 106 mpg та 92 mpg відповідно [4].

**Мета дослідження, постановка задачі.** Дана робота має за мету підвищення ефективності використання електромобілів за рахунок розроблення методики оцінки їх паливної економічності в різних країнах світу. Ці дані можуть бути корисними для науковців, що розробляють екологічно чисті та енергозберігаючі автотранспортні засоби, та для потенційних споживачів електромобілів.

Задачами дослідження є проведення аналізу паливної економічності електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV, визначення еквівалентної витрати палива цих електромобілів у різних країнах світу згідно цін на енергоносії, розроблення методики розрахунку паливної економічності електромобілів, формулювання висновків щодо економічності електромобілів в різних країнах світу.

**Матеріали досліджень.** Для проведення розрахунку паливної економічності оберемо електромобілі Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV, тому що вони більш всього розповсюджені у країнах Європи, Америці, Азії та інших частинах світу.

Для визначення паливної економічності електромобілів у США вимірюється розхід електроенергії, який витрачається на заряд тягової акумуляторної батареї від стандартної електричної мережі (в США це 120 В, 60 Гц) та еквівалентно перераховується за вартістю у витрату палива. Середня вартість електричної енергії у США коштує у квітні 2013 р. близько \$ 0,15 за 1 кВт·год., а галон бензину – \$ 3,38.

Проведемо перерахунок паливної економічності електромобіля Nissan Leaf при експлуатації його на території України. Вартість 1 кВт·год. електроенергії, що відпускається населенню та населеним пунктам (з урахуванням ПДВ) складає в залежності від категорії споживачів від 21,54 коп. до 36,48 коп. Для розрахунку приймемо тариф на електроенергію для населення  $C_{\text{кВт}} = 0,3648$  грн./кВт·год. за обсяг, спожитий понад 150 кВт·год. електроенергії на місяць, тому що заряд тягової акумуляторної батареї електромобіля потребує значних витрат електричної енергії.

Середня вартість бензину А95 на заправках України у квітні 2013 р. досягла 11 грн. за літр.

З урахуванням ККД зарядного пристрою, отримуємо вартість 1 кВт·год. енергії  $C_{ЕлТАБ}$ , що запасається в тяговій акумуляторній батареї електромобіля від стандартної електричної мережі 220 В, 50 Гц, грн./кВт·год.

$$C_{ЕлТАБ} = \frac{C_{кВт}}{\eta} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $C_{кВт}$  – тариф на електроенергію за 1 кВт·год.;

$\eta$  – ККД зарядного пристрою, %.

Вартість електроенергії  $C_{Електро}$ , що витрачає електромобіль на подолання 1 км шляху, можна розрахувати за формулою, грн./км

$$C_{Електро} = W_{Ел} \cdot C_{ЕлТАБ}, \quad (2)$$

де  $W_{Ел}$  – витрата електроенергії акумуляторної батареї електромобіля для подолання 1 км шляху, кВт·год./км.

Формула (2) з урахуванням формули (1) отримує вигляд, грн./км

$$C_{Електро} = W_{Ел} \cdot \frac{C_{кВт}}{\eta} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Як правило, за одиницю виміру економічності засобів транспорту береться відстань 100 км, на яку, в даному випадку, електромобіль може витратити декілька кВт·год. електричної енергії, які можна перерахувати у відповідну вартість бензину. Для розрахунку вартості електроенергії, що витрачає електромобіль на відстань 100 км, формула (3) приймає вигляд, грн./100 км

$$C_{Електро(100км)} = W_{Ел} \cdot \frac{C_{кВт}}{\eta} \cdot 100\% \cdot 100. \quad (4)$$

Для перерахунку вартості електроенергії у відповідну витрату палива необхідно отриману за формулою (4) вартість (грн./100 км), що витрачена на рух автомобіля, перевести у відповідну витрату палива згідно вартості бензину або дизеля у країні, в якій експлуатується гібридний автомобіль, л/100 км.

$$C_{Електро(100км)} = \frac{W_{Ел} \cdot \frac{C_{кВт}}{\eta} \cdot 100\% \cdot 100}{C_{палива}}, \quad (5)$$

де  $C_{палива}$  – вартість палива в країні, в якій експлуатується електромобіль, грн./л.

Таким чином, отримана універсальна методика розрахунку еквівалентної витрати палива електромобілями, яка може бути використана для будь-якої країни згідно поточної вартості на енергоносії: електричну енергію та паливо.

За формулою (5) проведемо розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV для міського та заміського режимів руху при їх експлуатації на території України. У табл. 1 наведені результати розрахунку.

Таблиця 1 – Результати розрахунку еквівалентної витрати палива електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV для міського та заміського режимів руху при їх експлуатації на території України

Параметр	Розмірність	Nissan Leaf		Mitsubishi i-MiEV	
		Міський цикл	Заміський цикл	Міський цикл	Заміський цикл
Паливна економічність за тестами EPA	mpg	106	92	126	99
Витрата електроенергії для на подолання 100 миль шляху	кВт·год./миль	32	37	27	34
Вартість електроенергії для подолання 100 км шляху	грн. / 100 км	8,05	9,31	6,8	8,56
Еквівалентна витрата палива	л / 100 км.	0,73	0,85	0,62	0,78

Результати розрахунку показують, що:

- еквівалентна витрата палива електромобілів на території України у 8...12 разів нижче ніж витрата палива автомобілів аналогічного класу з ДВЗ;
- еквівалентна витрата палива електромобілів на території України у 5 разів нижче ніж еквівалентна витрата палива електромобілів на території США;
- еквівалентна витрата палива електромобілів у міському циклі руху менш, ніж у заміському, на відміну від автомобілів з ДВЗ.

**Результати досліджень.** Проведемо дослідження, пов'язане з порівняльним розрахунком еквівалентної витрати палива електромобілів при їх експлуатації на території різних країн ЄС, СНД та США. Паливна економічність електромобілів залежить від вартості бензину та тарифів на електричну енергію.

Ціни на бензин в різних країнах значно відрізняються. Наприклад, у Туркменії бензин населенню видається безкоштовно по талонам, а найдорожчий бензин в Туреччині – 2 євро за літр.

На рис. 1 представлена інформація про ціни за літр неетильованого бензину в різних країнах за березень 2013 року, що перераховані у грн./л [5].



Рисунок 1 – Вартість 1 літру неетильованого бензину в різних країнах

Для країн Європейського Союзу дані, що наведені на рис. 1, більш точні. Для інших країн можливо затримка в кілька місяців. Проте, цінові рухи в різних країнах схожі.

На рис. 2 представлена інформація про тарифи на електричну енергію для в тих же самих країнах в перерахунку на грн. за 1 кВт·год. [6].

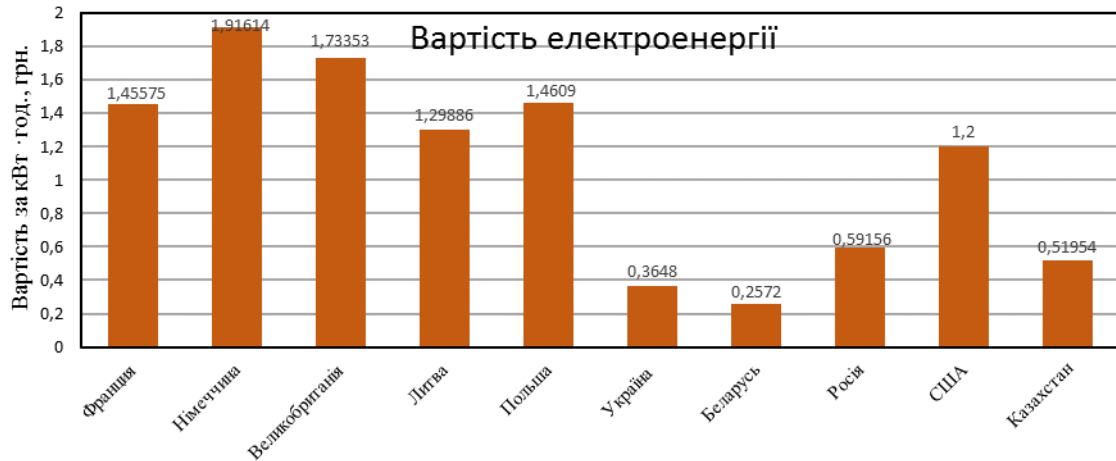


Рисунок 2 – Тарифи на електричну енергію в різних країнах

В результаті проведених досліджень та розрахунків отримуємо еквівалентну витрату палива електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV для міського режиму за тестами EPA на території зазначених країн (рис. 3).

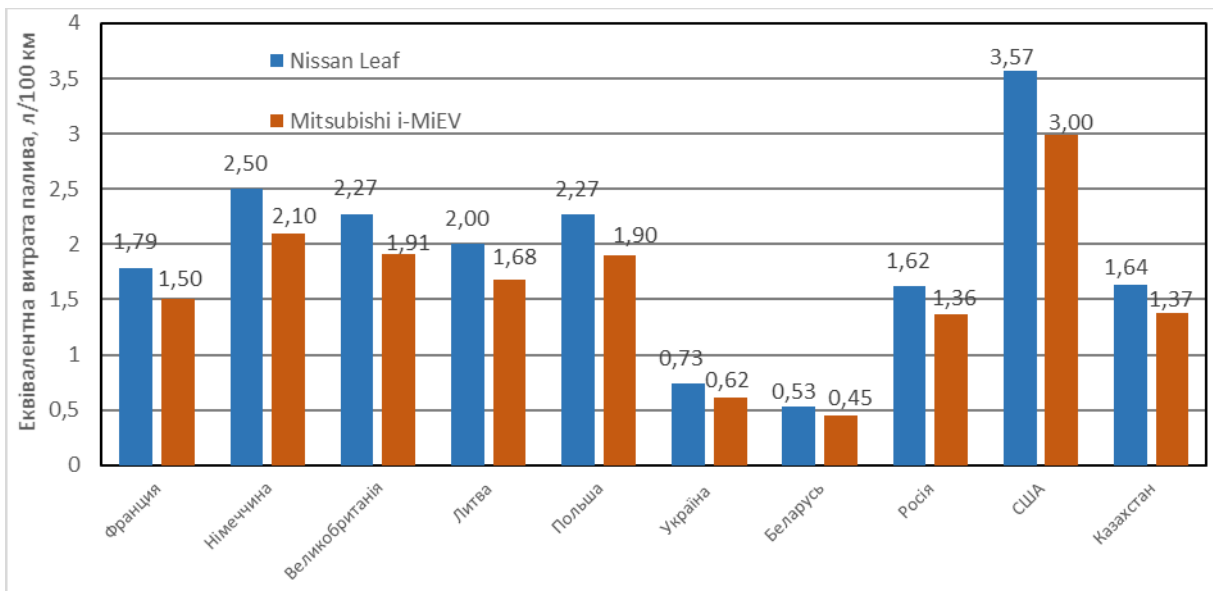


Рисунок 3 – Еквівалентна витрата палива електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV в різних країнах

**Висновки.** В роботі представлені результати дослідження, що пов'язане з розрахунком еквівалентної витрати палива електромобілів Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV в різних країнах світу. Результати досліджень паливної економічності електромобілів свідчить, що еквівалентна витрата палива електромобілів на території України у 8...12 разів нижче ніж витрата палива автомобілів аналогічного класу з ДВЗ; еквівалентна витрата палива електромобілів на території України у 3 рази нижче ніж еквівалентна витрата палива електромобілів на території США; еквівалентна витрата палива електромобілів у міському циклі руху менш, ніж у заміському, на відміну від автомобілів з ДВЗ. Найбільша еквівалентна витрата палива отримано для США, а найнижча для Білорусі та України. У всіх досліджених країнах вартість еквівалентної витрати палива електромобілів нижче ніж витрата палива автомобілів аналогічного класу з ДВЗ.

**Список літератури:** 1. *Бажинів О. В.* Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / *О. В. Бажинів, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, В. Я. Двадненко.* – Х.: ХНАДУ, 2011. – 236 с. 2. *Бажинів О. В.* Гібридні автомобілі / *О. В. Бажинів, О. П. Смирнов, С. А. Серіков [та ін.]*. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 327 с. 3. [www.kbb.com](http://www.kbb.com) 4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_car](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car) 5. <http://pimpik.org/?p=1351> 6. [http://statistic.su/blog/cost\\_of\\_electricity\\_around\\_the\\_world/2012-12-19-846](http://statistic.su/blog/cost_of_electricity_around_the_world/2012-12-19-846).

*Надійшла до редколегії 12.05.2013*

УДК 629.3+504

**Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах / О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 29 (1002). – С. 114–119. – Бібліогр.: 6 назв.

Приведена методика расчета экономичности электромобилей. Проведен анализ топливной экономичности электромобилей Nissan Leaf и Mitsubishi i-MiEV. Проведен сравнительный расчет эквивалентного расхода топлива электромобилями в разных странах мира. Сформулированы выводы по экономичности электромобилей.

**Ключевые слова:** электромобиль, экономичность, экологичность, расход топлива, режим движения, энергоносители.

The methods of calculating cost of electric vehicles. The analysis of the fuel efficiency of electric Nissan Leaf and the Mitsubishi i-MiEV. A comparative calculation of equivalent fuel electric cars around the world. Formulated conclusions on the efficiency of electric vehicles.

**Keywords:** electric, efficiency, environmental friendliness, fuel consumption, driving mode, energy.