

УДК 629.3

ПОРІВНЯЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА ЕНЕРГОНОСІЇ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЗАЗ ЛАНОС ІЗ ЗАКОРДОННИМИ АНАЛОГАМИ

О.П. Смирнов, доцент, д.т.н., А.О. Борисенко, асистент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Проведено розрахунок витрат на енергоносії модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап в порівнянні з гібридним транспортним засобом з зовнішнім зарядом Toyota Prius PHV та гібридним електромобілем Chevrolet Volt. Результати дослідження представлені у вигляді порівняльних залежностей витрат на енергоносії від дальності добового пробігу.

Ключові слова: гібридний електромобіль, гібридний транспортний засіб, витрат на енергоносії, дальність добового пробігу, режим «тільки електрика», гібридний режим.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ РАСХОДА НА ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЗАЗ ЛАНОС С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ

О.П. Смирнов, доцент, к.т.н., А.О. Борисенко, ассистент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Проведен расчет расход на энергоносители модернизированного в гибридный вариант ЗАЗ Ланос Пикап по сравнению с гибридным транспортным средством с внешним зарядом Toyota Prius PHV и гибридным электромобилем Chevrolet Volt. Результаты исследования представлены в виде сравнительных зависимостей расхода на энергоносители от дальности суточного пробега.

Ключевые слова: гибридный электромобиль, гибридное транспортное средство, расход на энергоносители, дальность суточного пробега, режим «только электричество», гибридный режим.

COMPARATIVE CALCULATION OF ENERGY CONSUMPTION ON MODERNIZED ZAZ LANOS WITH FOREIGN ANALOGS

O. Smirnov, assistant professor, dr. eng. sc.,
A. Borisenko, assistant lecturer, cand. eng. sc., KhNAHU

Abstract. Calculation of energy consumption in a hybrid version of modernized ZAZ Lanos pickup compared to a hybrid vehicle with an external charge and Toyota Prius PHV Hybrid electric Chevrolet Volt. Results of the study are presented in the form of a comparative flow dependency on energy from the range of daily run..

Key words: hybrid electric vehicle, hybrid car, energy consumption, distance of daily run, "only electricity" mode, hybrid mode.

Вступ

Основними напрямками розвитку сучасних транспортних засобів є підвищення паливної економічності та екологічної безпеки. Кардинальним вирішенням цього питання є створення гібридних транспортних засобів,

що об'єднують позитивні властивості двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і електричних двигунів. У даному дослідженні будуть розглянуті гібридні транспортні засоби з зовнішнім зарядом високовольтних акумуляторних батарей від зовнішньої електричної мережі. Таким чином для руху такі транспорт-

ні засоби використовують два види енергії: паливо та електричну енергію. У зв'язку з чим постає актуальне завдання, що полягає у дослідженні витрат на енергоносії (палива та електричної енергії) означених транспортних засобів.

Аналіз досліджень та публікацій

Поряд з провідними виробниками гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом (Toyota Motor Corporation, General Motor, тощо) фахівці кафедри автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) теж проводять дослідження в галузі економічного та екологічно чистого автомобілебудування, створюють енергозберігаючі гібридні технології [1-3].

З метою розроблення та впровадження гібридних силових установок в серійні транспортні засоби українського виробництва на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ проведена модернізація ЗАЗ Ланос Пікап у гібридний транспортний засіб з зовнішнім зарядом [3-6].

Для дослідження енергетичної ефективності гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом розроблена методика оцінки витрат на енергоносії в залежності від добового пробігу (на одному заряді акумуляторної батареї), яка враховує експлуатаційні та економічні умови використання [7,8].

Мета та постановка задачі

Мета дослідження – визначення витрат на енергоносії модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап в порівнянні з гібридним транспортним засобом з зовнішнім зарядом Toyota Prius PHV та гібридним електромобілем Chevrolet Volt.

Об'єкт дослідження – процес дослідження енергетичної ефективності гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом.

Методика оцінки витрати енергоносіїв гібридними транспортними засобами

Для дослідження енергетичних витрат гібридними транспортними засобами, які мають функцію зарядки від зовнішньої мережі, ско-

ристаємося методикою, що запропонована у публікаціях [7,8].

Для будь-якого добового пробігу вартість енергоносіїв під час експлуатації гібридних автомобілів $C_{\text{ЕксплГА}}$ має вигляд, грн

$$\begin{cases} C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\%, S \leq S_{\text{Електро}}; \\ C_{\text{Гібрид}} = \frac{Q_{\text{Гібрид}} \cdot C_{\text{Палива}}}{100}, S \geq S_{\text{Електро}}; \\ C_{\text{ЕксплГА}} = C_{\text{Електро}} + C_{\text{Гібрид}}, S = S_{\text{Електро}} + S_{\text{Гібрид}}, \end{cases}$$

де $C_{\text{Електро}}$ – вартість енергоносіїв в режимі «тільки електрика», грн/км; $W_{\text{Ел}}$ – витрата електроенергії для подолання 1 км шляху, кВт·год/км; $C_{\text{кВт}}$ – тариф на електроенергію за 1 кВт·год; η – ККД зарядного пристрою, %; $C_{\text{Гібрид}}$ – вартість енергоносіїв в «гібридному» режимі та в режимі «тільки паливо», грн/км; $Q_{\text{Гібрид}}$ – витрата палива в «гібридному» режимі, в режимі «тільки паливо», л/100 км; $C_{\text{Палива}}$ – вартість палива, грн/л; $C_{\text{ЕксплГА}}$ – загальна вартість енергоносіїв під час експлуатації гібридних транспортних засобів, грн/км; S – добовий пробіг транспортного засобу, км; $S_{\text{Електро}}$ – пробіг транспортного засобу в режимі «тільки електрика», км; $S_{\text{Гібрид}}$ – пробіг транспортного засобу в гібридному режимі, км.

Для аналізу відносної паливної економічності гібридних транспортних засобів доцільно поділити загальну вартість енергоносіїв на добовий пробіг, який у загальному випадку може дорівнювати будь-якій відстані, грн/км

$$C_{\text{Добова/км}} = \frac{C_{\text{ЕксплГА}}}{S},$$

де $C_{\text{Добова/км}}$ – вартість 1 км пробігу, грн/км.

Від добового пробігу значною мірою залежить вартість пробігу гібридного транспортного засобу. Чим менше добовий пробіг, тим нижче його витрати на енергоносії, на відміну від транспортних засобів із ДВЗ, в яких підвищена витрата палива відбувається саме на перших кілометрах пробігу. Еквівалентна витрата палива, л/100 км

$$Q = \frac{C_{\text{ЕкстГА}} \cdot 100}{C_{\text{Палива}} \cdot S_{\text{Добова}}}$$

Ця методика враховує як технічні характеристики транспортних засобів, так і умови експлуатації, вартість енергоносіїв та добовий пробіг [9]

Порівняльні технічні характеристики гібридних транспортних засобів

Як вихідні дані для розрахунку витрат на енергоносії прийняті основні технічні характеристики гібридних транспортних засобів, що порівнюються (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльні технічні характеристики транспортних засобів

Основні характеристики		Транспортні засоби		
		Prius PHV	Volt	Модернізований Ланос
Батарея	енергоємність, кВт·год	4,4	16	5,76
	маса, кг	80	198	64
	напруга, В	345,6	360	72
Потужність електродвигуна, кВт		60	111	15
Бензиновий двигун	потужність, кВт (к.с.)	73 (98)	63,2(86)	63 (86)
	максимальні оберти, об./хв.	5200	4800	6000
	об'єм, л	1,8	1,4	1,5
Витрата енергії в режимі «тільки електрика», кВт·год		0,145	0,244	0,19
Витрата палива в гібридному режимі або в режимі «тільки паливо», л/100 км		4,98	7,56	9,5
Пробіг в режимі «тільки електрика», км		23,5	54,5	40
Максимальна швидкість в режимі «тільки електрика», км/год		85	160	40

Модернізований у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап має принципово нові якості та характеристики, що зробить його конкурентоспроможним як на ринку України, так і у світі. Розроблена гібридна силова установка автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап, на відміну від закордонних аналогів, наприклад, Toyota Prius або Chevrolet Volt, спроектований таким чином, що два силових агрегати (ДВЗ і електропривод) працюють як сумісно, так і автономно. Такий принцип побудови гібридної силової установки дозволив підвищити надійність гібридного транспортного засобу, тому що він при будь-якому несправному блоці в системі електропривода може ек-

сплуатуватися як звичайний автомобіль із ДВЗ, і відповідно, навпаки, при несправному ДВЗ або системи його живлення, буде можливість користуватись транспортним засобом як електромобілем [10].

Порівняльний розрахунок витрат на енергоносії

Науковий інтерес становить порівняльний розрахунок витрат на енергоносії модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап з кращими закордонними аналогами, наприклад, такими як Toyota Prius PHV та Chevrolet Volt під час експлуатації їх на території України (рис. 1).

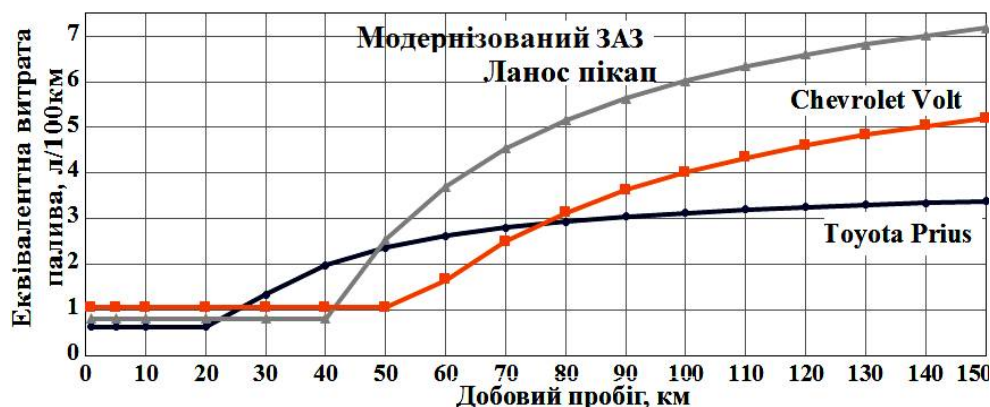


Рис. 1. Залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу гібридних ТЗ

Із розрахунку видно, що на території України при добовому пробігу до 50 км вигідніше використовувати модернізований ЗАЗ Ланос Пікап ніж гібридний транспортний засіб Toyota Prius PHV.

Для модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап апроксимація залежності паливної економічності набуває вигляду

$$\begin{cases} Q = 0,81, S \leq 40 \\ Q = (9,5 - 0,81) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-40}{58,4}}\right) + 0,81, S \geq 40 \end{cases}$$

При добовому пробігу (від заряду до заряду тягової акумуляторної батареї) у 100 км еквівалентна витрата палива модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап у 1,9 рази перевищує еквівалентну витрату палива Toyota Prius і в 1,46 еквівалентну витрату палива гібридного електромобіля Chevrolet Volt.

Для визначення паливної економічності автомобілів Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV та модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап при їх експлуатації на території України в порівнянні з відносною паливною економічністю їх експлуатації на території США та Росії побудуємо графіки залежності витрат на енергоносії та складемо загальну систему рівнянь для апроксимації вартості енергоносіїв гібридних транспортних засобів при їх експлуатації в режимах «тільки електрика» і «тільки паливо»

$$\begin{cases} C = C_{\min}, S \leq S_{\text{Електро}} \\ C = (C_{\max} - C_{\min}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S - S_{\text{Електро}}}{S_{\tau}}}\right) + C_{\min}, S \geq S_{\text{Електро}} \end{cases}$$

На рис. 2 наведені порівняльні залежності еквівалентної витрати на енергоносії (електричну енергію та бензин) для гібридного електромобіля Chevrolet Volt при його експлуатації в Україні, Росії та США.

Апроксимація залежності вартості енергоносіїв для Chevrolet Volt від добового пробігу на території України

$$\begin{cases} C = 0,21, S \leq 54,5 \\ C = (1,4 - 0,21) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-54,5}{71,8}}\right) + 0,21, S \geq 54,5 \end{cases}$$

Апроксимація залежності вартості енергоносіїв для Chevrolet Volt від добового пробігу на території Росії

$$\begin{cases} C = 0,56, S \leq 54,5 \\ C = (1 - 0,56) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-54,5}{71,8}}\right) + 0,56, S \geq 54,5 \end{cases}$$

Апроксимація залежності вартості енергоносіїв для Chevrolet Volt від добового пробігу на території США

$$\begin{cases} C = 0,85, S \leq 54,5 \\ C = (1,1 - 0,85) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-54,5}{71,8}}\right) + 0,85, S \geq 54,5 \end{cases}$$

На рис. 3 наведені порівняльні залежності еквівалентної витрати на енергоносії для Toyota Prius PHV при його експлуатації в Україні, Росії та США.

Апроксимація залежності вартості енергоносіїв для Toyota Prius PHV від добового пробігу на території України

$$\begin{cases} C = 0,13, S \leq 23,2 \\ C = (0,98 - 0,13) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}}\right) + 0,13, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв для Toyota Prius PHV від добового пробігу на території Росії

$$\begin{cases} C = 0,33, S \leq 23,2 \\ C = (0,65 - 0,33) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}}\right) + 0,33, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв для Toyota Prius PHV від добового пробігу на території США

$$\begin{cases} C = 0,5, S \leq 23,2 \\ C = (0,7 - 0,5) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}}\right) + 0,5, S \geq 23,2 \end{cases}$$

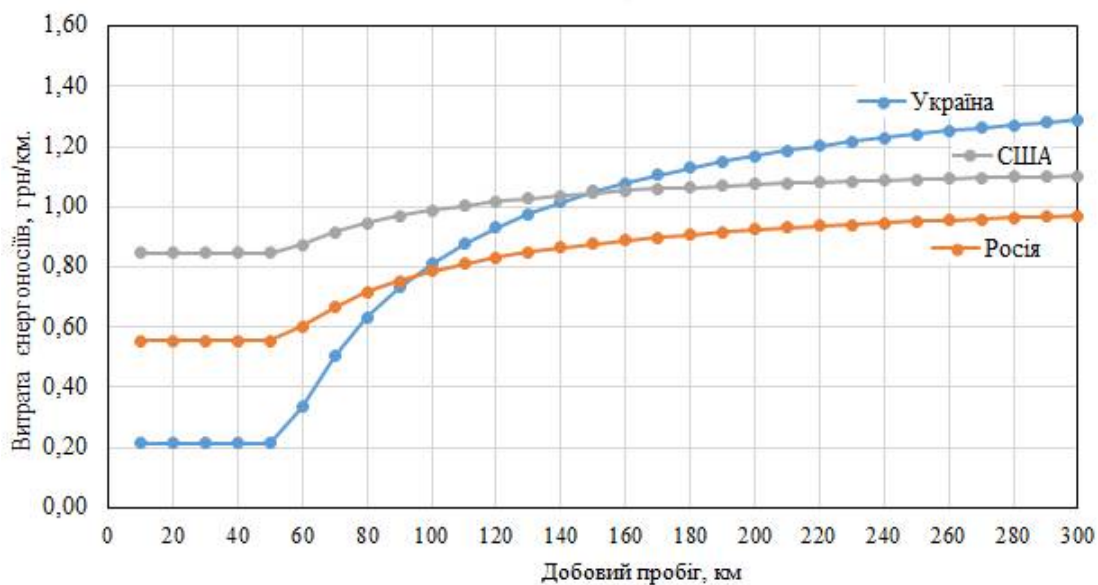


Рис. 2. Порівняльні залежності вартості енергоносіїв для Chevrolet Volt в різних країнах

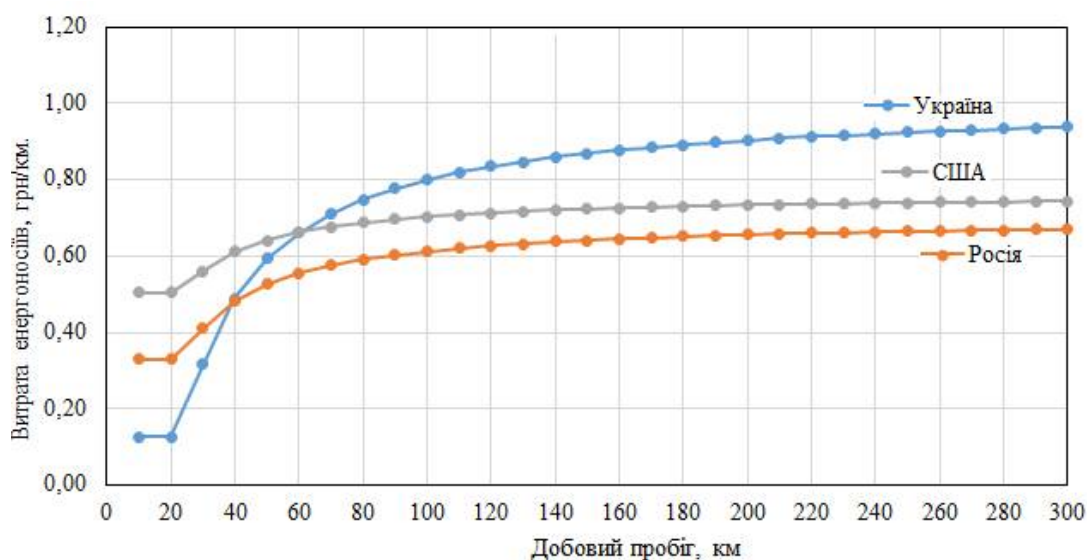


Рис. 3. Порівняльні залежності вартості енергоносіїв для Toyota Prius PHV в різних країнах

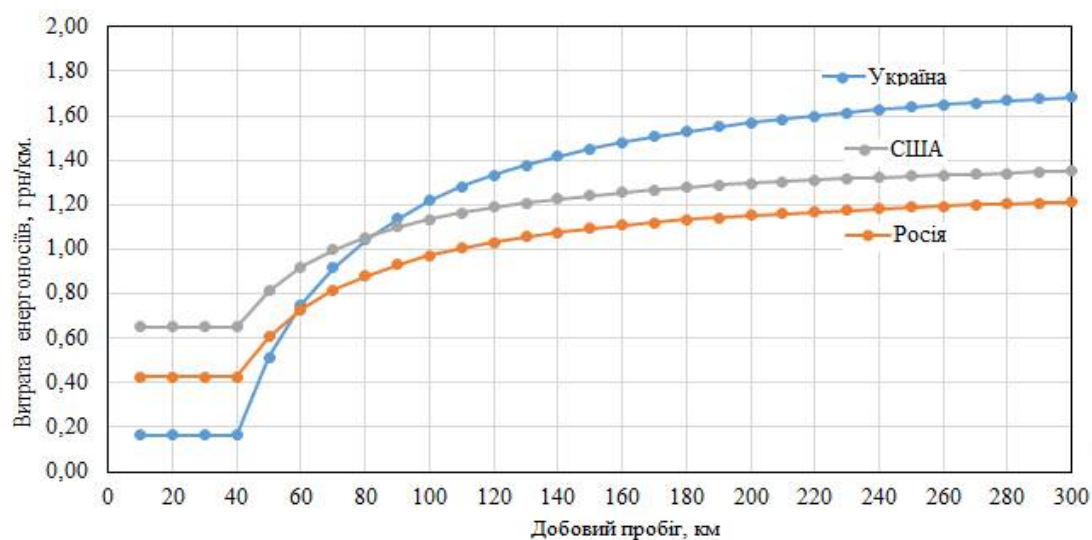


Рис. 4. Порівняльні залежності вартості енергоносіїв для ЗАЗ Ланос Пікап в різних країнах

На рис. 4 наведені порівняльні залежності еквівалентної вартості енергоносіїв для модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап при його експлуатації на території різних країн.

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв для модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап від добового пробігу на території України

$$\begin{cases} C = 0,13, S \leq 23,2 \\ C = (0,98 - 0,13) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}} \right) + 0,13, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв для модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап від добового пробігу на території України

$$\begin{cases} C = 0,13, S \leq 23,2 \\ C = (0,98 - 0,13) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}} \right) + 0,13, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв модернізованого для ЗАЗ Ланос Пікап від добового пробігу на території Росії

$$\begin{cases} C = 0,33, S \leq 23,2 \\ C = (0,65 - 0,33) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}} \right) + 0,33, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Апроксимація залежності еквівалентної вартості енергоносіїв модернізованого для ЗАЗ Ланос Пікап від добового пробігу на території США

$$\begin{cases} C = 0,5, S \leq 23,2 \\ C = (0,7 - 0,5) \cdot \left(1 - e^{-\frac{S-23,2}{28,5}} \right) + 0,5, S \geq 23,2 \end{cases}$$

Проведемо розрахунок вартості на енергоносії від добового пробігу під час експлуатації гібридного транспортного засобу Toyota Prius PHV, модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап та гібридного електромобіля Chevrolet Volt. При моделюванні максимальний добовий пробіг складає 100 км. Результати моделювання демонструють вартість поїздки різних гібридних транспортних засобів у різних країнах.

На рис. 5 наведено залежність вартості енергоносіїв під час експлуатації Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV та модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап на території України.

На рис. 6 наведено залежність вартості енергоносіїв під час експлуатації Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV та модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап на території Росії

На рис. 7 наведено залежність вартості енергоносіїв під час експлуатації Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV та модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап на території США. Результати розрахунку підтверджують високу економічність модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап при пробігу до 50 км.

Науковий інтерес викликає порівняльне моделювання вартості енергоносіїв модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап під час експлуатації на території України, Росії та США (рис. 8).

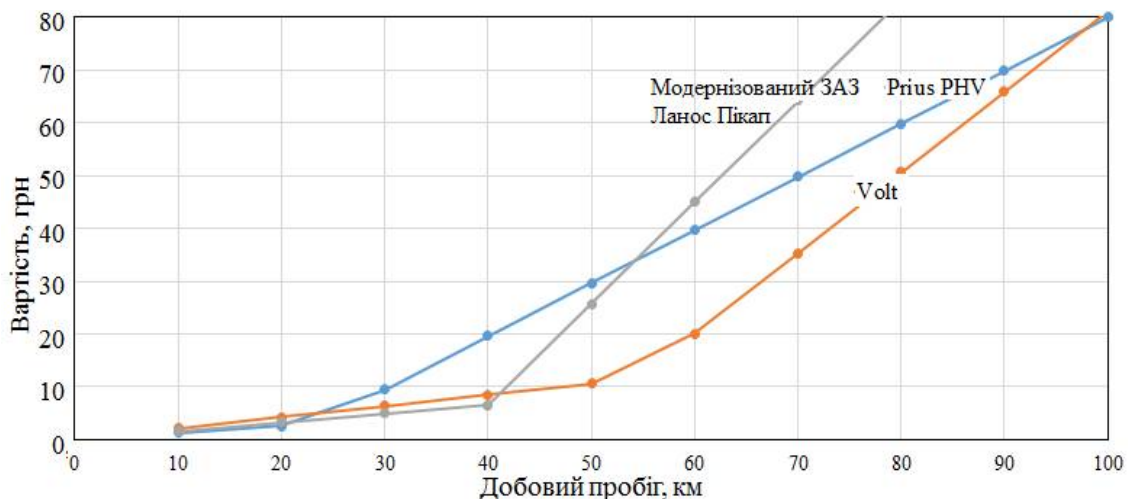


Рис. 5. Вартість енергоносіїв від добового пробігу на території України

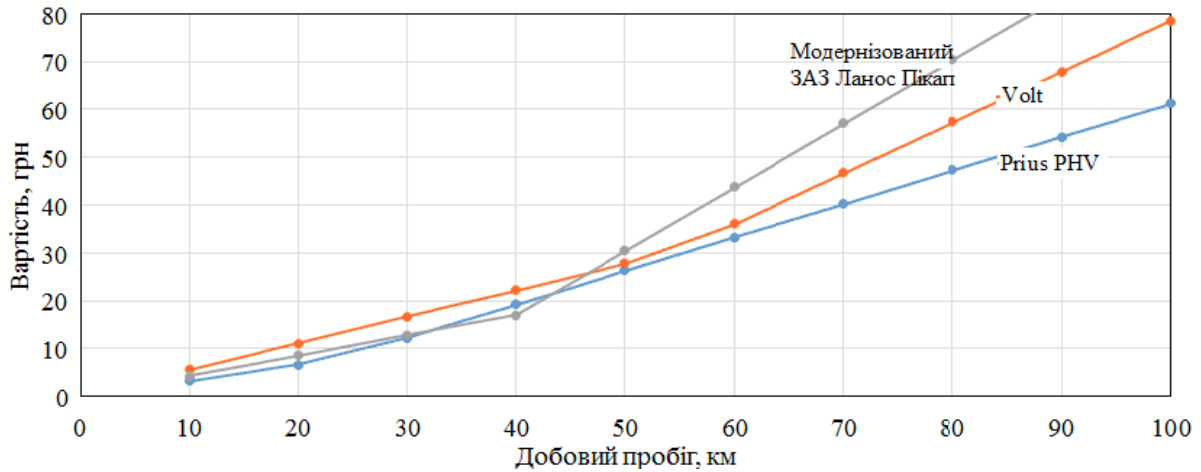


Рисунок 6 – Вартість енергоносіїв від добового пробігу на території Росії

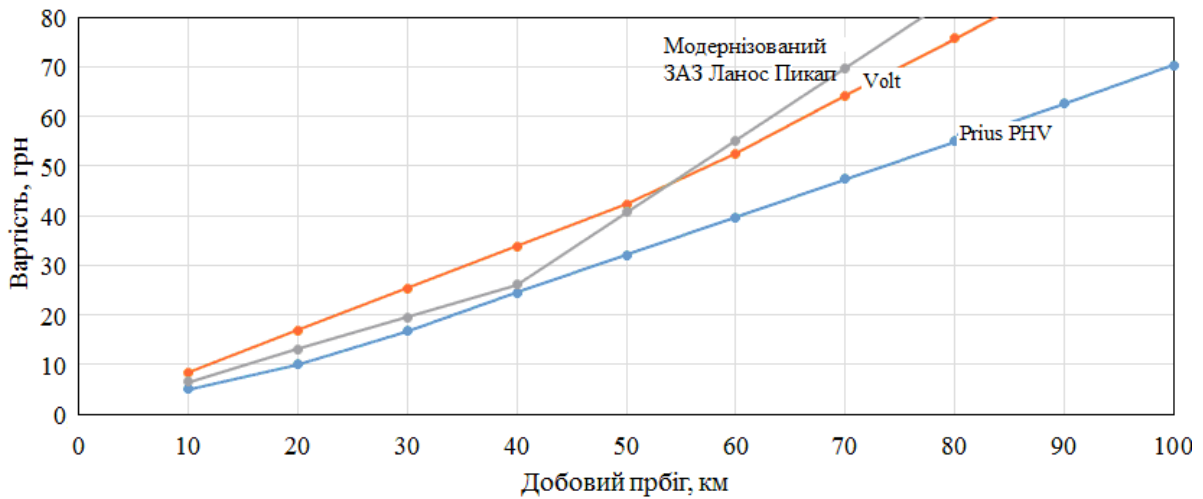


Рис. 7. Вартість енергоносіїв від добового пробігу на території США

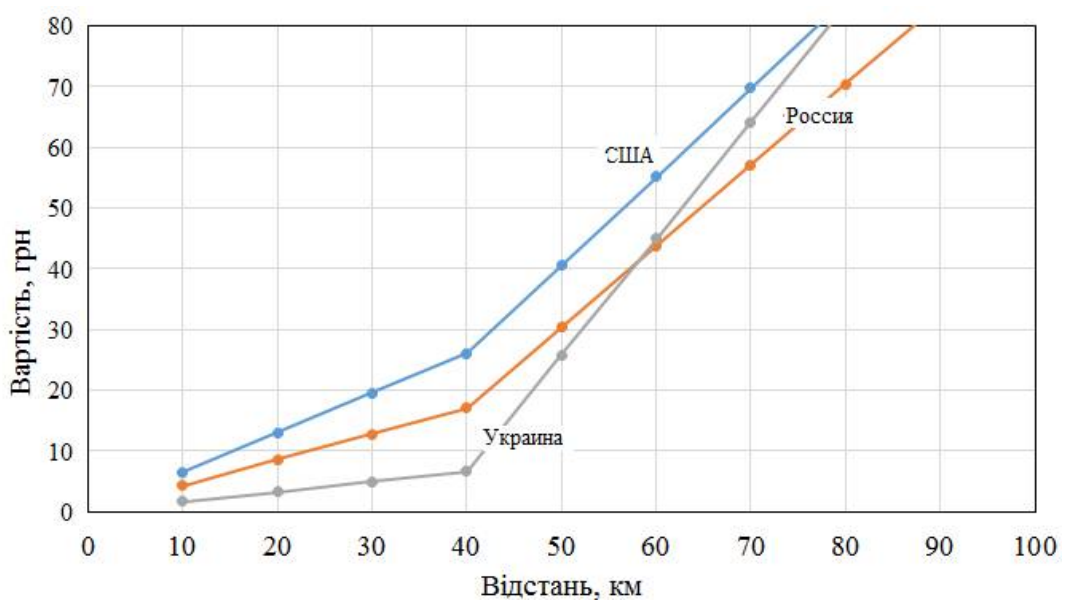


Рис. 8. Вартість енергоносіїв модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап від добового пробігу

Висновки

Розрахунок витрат на енергоносії модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап в порівнянні з гібридним електромобілем Chevrolet Volt та гібридним транспортним засобом з зовнішнім зарядом демонструють його високу економічність при пробігу до 50 км. Побудовані залежності демонструють, що в більшості країн витрати на енергоносії в режимі «тільки електрика» в 3-4 рази нижче, ніж у «гібридному» режимі чи у режимі «тільки паливо», тому рух гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика» є не тільки екологічним, але й менш витратним.

Література

1. Prius-Plug-In-Hybrid [електронний ресурс] / Електронні дані. - Режим доступу: <http://www.toyota.com/prius-plug-in-hybrid/>, вільний. - Назва з екрану.
2. Volt Models & Specs [електронний ресурс] / Електронні дані. - Режим доступу: <http://www.chevrolet.com/volt-electric-car/specs/trim.html>, вільний. - Назва з екрану.
3. Бажинов О.В. Автомобільні гібридні силові установки / О.В. Бажинов, В.Я. Двадненко; - Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. – 186с.
4. Бажинов А.В. Электропривод для конверсионного автомобиля / А.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, Хаким Мауш // Автомобильный транспорт. – 2012. – № 30. – С. 7 – 12.
5. Смирнов О.П. Гибридная силовая установка для транспортных средств / О.П. Смирнов, А.Б. Богаевский, А.О. Смирнова // – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – № 139 – С. 207-211.
6. Бажинов А.В. Пути снижения стоимости подзаряжаемого гибридного автомобиля / А.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, С.А. Сериков, Е.А. Серикова, О.П. Смирнов // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 134/2012. – С. 36–39.
7. Смирнова А.О. Методика оцінки паливної економічності гібридних автомобілів / А. О. Смирнова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: збірник наукових праць. Серія «Автомобіле- та тракторобудування». – 2013. – № 30 (1003). – С. 114–120.
8. Борисенко А.О. Експлуатаційні властивості гібридних автомобілів / А.О. Борисенко, Т.О. Бажинова; – Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. – 154 с.
9. Борисенко А. О. Розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації / А.О. Борисенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2015. – № 9 (1118). – С. 57–61.
10. Смирнов О.П. Підвищення надійності гібридних силових установок / О.П. Смирнов, О.А. Борисенко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2016. – № 9. – с. 32-36. – ISSN 2226-9266 – Режим доступу к джерелу: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE16_1/1.6.pdf

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ