

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ ГІБРИДНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

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

***Анотація.** Розроблена методика розрахунку для проведення моделювання витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами залежно від умов експлуатації. Дослідження проведено для модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап, що побудований на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ. Результати дослідження представлено у вигляді залежностей.*

***Ключові слова:** витрати енергоносіїв, гібридний транспортний засіб, потужність, дальність пробігу, режим «тільки електрика», тягові акумуляторні батареї, умови експлуатації*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ГИБРИДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**О.П. Смирнов, профессор, д.т.н., А.О. Борисенко, ассистент, к.т.н., ХНАДУ**

***Аннотация.** Разработана методика расчета для проведения моделирования расхода энергоносителей гибридного транспортного средства в зависимости от условий эксплуатации. Исследование проведено для модернизированного в гибридный вариант ЗАЗ Ланос Пикап, построенного на кафедре автомобильной электроники ХНАДУ. Результаты исследования представлены в виде зависимостей*

***Ключевые слова:** расходы энергоносителей, гибридное транспортное средство, мощность, дальность пробега, режим «только электричество», тяговые аккумуляторные батареи, условия эксплуатации*

## MODELING OF ENERGY COSTS HYBRID VEHICLES DEPENDING ON OPERATING CONDITIONS

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

***Abstract.** The method of calculating the costs for the design of energy-rydnyum hybrid vehicles depending on the operating conditions will hardly Research for modernized in hybrid variant ZAZ Lanos pickup, built on car electronics department HNADU. Results of the study are presented in the form of over-dependence.*

***Key words:** cost energy, hybrid vehicle power range of run mode "only electricity", traction batteries, operating conditions*

### Вступ

Основними напрямками розвитку дорожніх транспортних засобів є підвищення паливної економічності та екологічної чистоти. Дослідження присвячено вирішенню важливої та актуальної науково-прикладної проблеми, що пов'язана з підвищенням ефективності використання гібридних транспортних засо-

бів за рахунок моделювання витрат енергоносіїв у різних експлуатаційних умовах.

### Аналіз досліджень та публікацій

В теперішній час зростає потреба в ефективних та екологічно чистих автотранспортних засобах. Екологічні проблеми сучасності у більшій мірі пов'язані з використанням тра-

диційного моторного палива у двигунах внутрішнього згоряння. Цю проблему можна вирішити завдяки прогресивним розробкам у таких напрямках, як енергоємні накопичувачі електричної енергії, силова електроніка, та інші енергозберігаючі, ефективні та екологічно чисті технології. Альтернативою традиційного автомобіля з ДВЗ став гібридний транспортний засіб [1].

Тому на сьогоднішні найбільш перспективним напрямком розвитку екологічних та економічних дорожніх транспортних засобів є створення гібридних транспортних засобів.

Найбільш зручними в експлуатації є гібридні транспортні засоби, які мають режим «тільки електрика» та здатні накопичувати енергію в акумуляторних батареях безпосередньо від зовнішніх джерел електричної енергії (система plug in hybrid). [2].

Це обумовлено суттєво нижчою вартістю кВт·год з електричної мережі, в порівнянні з вартістю кВт·год, одержаних з генераторних установок, які отримують енергію від бензину, дизпалива або газу.

### Мета та постановка задачі

Мета дослідження – підвищення ефективності використання гібридних транспортних засобів за рахунок моделювання витрат енергоносіїв залежно від умов експлуатації.

Об'єкт дослідження – процес визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами в експлуатаційних умовах.

### Моделювання витрат енергоносіїв модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап

Для досягнення поставленої мети проведено моделювання витрат енергоносіїв гібридного транспортного засобу від умов руху, добового пробігу (від заряду до заряду тягової акумуляторної батареї) та природно-кліматичних умов.

Дослідження проведено для модернізованого у гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап, що побудований на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ [3]. Основні технічні характеристики модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап зведені до таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики гібридного ЗАЗ Ланос Пікап

Характеристики	Режими		
	тільки електрика	гібридний	тільки паливо
Максимальний пробіг, км	50	500	450
Середня витрата палива, л/100 км	-	3,8	9,5
Середня витрата електроенергії, кВт·год/км	0,25	0,08	-

Гібридна силова установка автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап, на відміну від закордонних гібридних транспортних засобів (наприклад, Toyota Prius та Chevrolet Volt), спроектований таким чином, що два силових агрегати (ДВЗ і електропривод) працюють як сумісно, так і автономно.

Такий принцип побудови гібридної силової установки дозволяє підвищити надійність транспортного засобу, тому що при будь-якому несправному блоці в системі електропривода він може експлуатуватися як звичайний автомобіль із ДВЗ, і навпаки, при несправному ДВЗ або системи його живлення, буде можливість користуватись гібридним транспортним засобом як електромобілем [4].

Для дослідження енергетичної ефективності гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом розроблена методика оцінки витрат на енергоносії в залежності від добового пробігу, яка враховує експлуатаційні, економічні та природно-кліматичні умови використання [5-6].

### Результати моделювання

Результати моделювання зміни еквівалентної витрати палива модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап (фіксована маса 1250 кг) від добового пробігу в середніх умовах руху (питома витрата енергії складає 0,15 Вт·год/(кг·км)) та при різній температурі навколишнього середовища (-25 °С, 0 °С, +25 °С) (рис. 1.).

Результати моделювання демонструють, що при зміні температури від +25 до -25 °С знижується пробіг гібридного транспортного засобу ЗАЗ Ланос Пікап в режимі «тільки електрика» з 30 до 26 км, а еквівалентна витрата палива при добовому пробігу 50 км збільшується з 4,4 до 5,1 л/100 км.

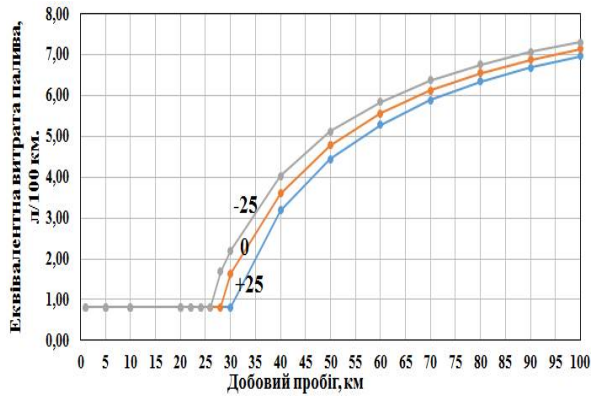


Рис. 1. – Залежність еквівалентної витрати палива від добового пробігу при різних температурах

Проведено моделювання впливу різної маси гібридного транспортного засобу (від 1120 до 1595 кг) на еквівалентну витрату палива в залежності від добового пробігу при температурі навколишнього середовища 0 °C та в середніх умовах руху (рис. 2).

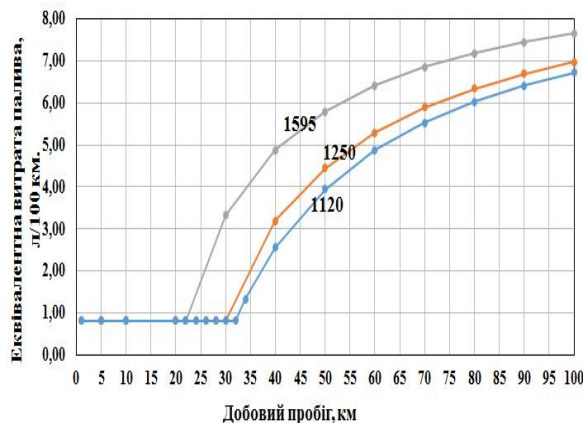


Рис. 2. – Залежність еквівалентної витрати палива від добового пробігу при різних масі

Результати моделювання демонструють, що збільшення маси з 1120 до 1595 кг спричиняє зменшення пробігу з 33 до 22 км, а еквівалентна витрата палива при добовому пробігу 50 км змінюється з 4 до 5,8 л/100 км при температурі навколишнього середовища 0 °C та в середніх умовах руху.

Проведено моделювання еквівалентної витрати палива від добового пробігу модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап в залежності від умов руху (питомої витрати енергії від 0.1 Вт·год/(кг·км) (легкі) до 0.2 Вт·год/(кг·км) (складні)) при масі автомобіля 1250 кг та температурі навколишнього середовища 0 °C. Результати моделювання демонструються на

рис. 3.

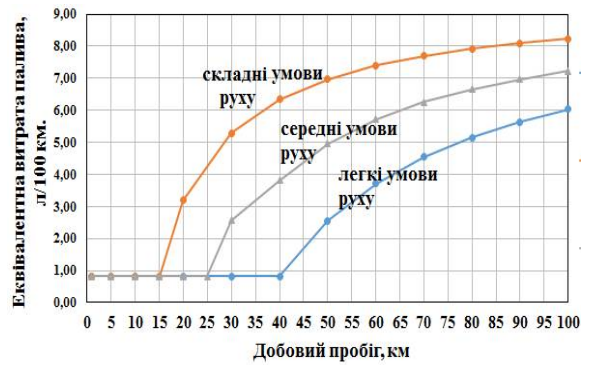


Рис. 3. – Залежність еквівалентної витрати палива від добового пробігу в різних умовах руху

Результати моделювання демонструють, що погіршення умов руху спричиняє зменшення добового пробігу з 40 до 15 км, а еквівалентна витрата палива при добовому пробігу 50 км буде збільшуватися з 2,5 до 6,9 л/100 км, при масі автомобіля 1250 кг та при температурі 0 °C.

Проведено моделювання залежності вартості енергоносіїв при масі модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап 1250 кг і при температурі навколишнього середовища 00 C залежно від пробігу та умов руху (рис. 4).

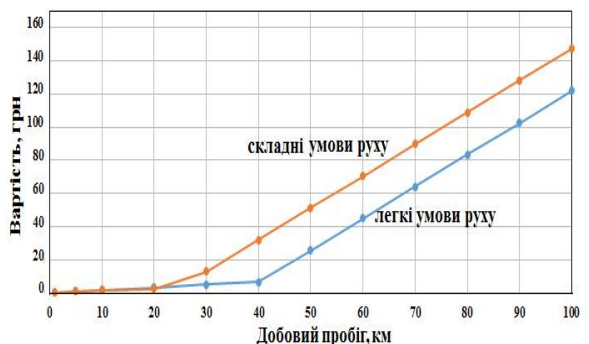


Рис. 4. – Залежність витрат на енергоносії від добового пробігу

Проведено моделювання добового пробігу у режимі «тільки електрика» від завантаженості (маси автомобіля), умов експлуатації (питомого споживання енергії), температури навколишнього середовища зведені у табл. 2.

Результати моделювання демонструють, що збільшення маси з 1120 до 1595 кг призводить до зменшення пробігу з 32,9 до 23,1 км, а еквівалентна витрата палива під час добового пробігу 50 км змінюється з 5 до 6,4 л/100 км за температури 0 °C у середніх умо-

вах експлуатації. Ускладнення умов руху призводить до зменшення добового пробігу з 48,9 до 17,9 км при масі 1250 кг за температури 0 °С, а еквівалентна витрата палива буде збільшуватися з 2,5 до 6,9 л/100 км. Добовий пробіг в режимі «тільки електрика» при зниженні температури навколишнього середовища з +25 до 0 °С змінюється неістотно (на 2,4 %), за подальшого зниження температури до –25 °С добовий пробіг знижується на 13,1 %.

Таблиця 2 – Вплив зміни параметрів на добовий пробіг модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап

Маса, кг	Питоме споживання енергії, Вт·год/(кг·км)	Темп. навкол. серед., °С	Добовий пробіг, км	Вплив, %
1120–1250	0,15	0	32,9...29,2	11,3
1250–1595			29,2...23,1	20,9
1250	0,1...0,15	0	48,9...29,9	33,4
	0,15...0,25		29,9...17,9	40,1
1250	0,15	+25...0	28,6...27,9	2,4
		0...–25	27,9...24,3	13,1

Натурні випробування модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап в реальних умовах експлуатації підтверджують розрахункові дані, що отримані у даному дослідженні. Для дослідження робочих процесів гібридної силової установки модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап розроблений спеціальний інформаційно-вимірювальний комплекс.

Отримані результати дослідження будуть використані для складання програми на мобільні пристрої, які дозволять розрахувати еквівалентну витрату палива і вартість пробігу гібридного транспортного засобу на будь-яку задану відстань і при будь-яких умовах експлуатації. Результати моделювання можуть бути використані для інших гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом.

### Висновки

Виконано дослідження технічних можливостей модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап, яке демонструє, що пробіг у режимі «тільки електрика» при масі автомобіля 1250 кг в легких умовах руху досягає 40 км. Збільшення навантаження до повної маси 1595 кг знижує максимальний пробіг до 23,1 км у середніх умовах руху. Ускладнення експлуатаційних умов зменшує пробіг до 20 км. Зниження те-

мператури навколишнього середовища до –25 °С впливає на пробіг у режимі «тільки електрика» на 15,5 %. Проведено дослідження свідчить, що рух гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика» є не тільки екологічним, але й менш витратним.

### Література

- 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.
- Бажинов А.В. Пути снижения стоимости подзаряжаемого гибридного автомобиля / А.В. Бажинов, В.Я. Двандненко, С.А. Сериков, Е.А. Серикова, О.П. Смирнов // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 134/2012. – С. 36–39.
- Смирнов О.П. Порівняльний розрахунок витрат на енергоносії модернізованого ЗАЗ Ланос із закордонними аналогами / О.П. Смирнов, А.О. Борисенко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2016. – № 10. – с. 23-30. – ISSN 2226-9266 – Режим доступу к джерелу: [http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_SIS/AE16\\_2/1.4.pdf](http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE16_2/1.4.pdf).
- 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
- 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.
- Борисенко А.О. Експлуатаційні властивості гібридних автомобілів / А.О. Борисенко, Т.О. Бажинова; – Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. – 154 с.

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

Стаття надійшла до редакції 26.04.2017 р.