

Міністерство освіти та науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

БОРИСЕНКО АННА ОЛЕГІВНА



УДК 629.3

**ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ
ГІБРИДНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ
В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація
і ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Бажинов Олексій Васильович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач кафедри автомобільної
електроніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шаша Ігор Костянтинович,
Національна академія Національної гвардії України,
професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів
і бойових машин;

доктор технічних наук, професор
Далека Василь Хомич,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова,
професор кафедри електричного транспорту.

Захист відбудеться «14» червня 2016 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (61002, Україна, Харків, вул. Петровського, 25)

Автореферат розісланий «13» травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Павленко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого та актуального науково-прикладного завдання, пов'язаного з підвищенням ефективності використання гібридних транспортних засобів за рахунок удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв у різних експлуатаційних та економічних умовах.

Основним напрямком розвитку транспортних засобів (ТЗ) є підвищення паливної економічності. Кардинальним вирішенням цього питання є створення гібридних транспортних засобів, у зв'язку з чим постає актуальне завдання дослідження витрат енергоносіїв (електроенергії та палива) означених ТЗ.

Для дослідження паливної економічності та екологічності ТЗ використовуються різні методи, що відрізняються програмами, режимами роботи двигуна внутрішнього згоряння та тягового електричного двигуна, а також застосовуваною вимірювальною апаратурою тощо. Оскільки деякі гібридні транспортні засоби можуть рухатись у режимі «тільки електрика», а тягові акумуляторні батареї мають можливість заряджання від зовнішніх джерел, то для дослідження витрат енергоносіїв необхідно удосконалити відомі методи, тому що це створює умови для високоефективного використання засобів транспорту з дотриманням вимог охорони навколишнього природного середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» і є складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ).

Наукові положення, розробки, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, використані для виконання господарсько-договірних та держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України:

– «Модернізація автомобіля ЗАЗ у гібридний варіант» (2015–2016 рр.)
№ державної реєстрації 0115U003266 (поточна);

– «Розробка гібридної силової установки дорожнього транспортного засобу» (2012–2013 рр.), № державної реєстрації 0112U001241, ефективність використання бюджетних коштів – 1,526;

– «Створення синергетичних систем електромобіля» (2009–2010 рр.),
№ державної реєстрації 0109U001352;

– «Моделювання режимів роботи гібридної силової установки для транспортних засобів» (04.2013–06.2013), № державної реєстрації 0113U007635;

– «Розроблення тягового електропривода для легкових автомобілів» (12.2013 – 11.2014), № державної реєстрації 0115U002659.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності використання гібридних транспортних засобів за рахунок

удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв у різних умовах експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі основні завдання:

- проведено аналіз відомих випробувань ТЗ, у тому числі гібридних, на паливну економічність, екологічність, витрату електроенергії та визначено особливості дослідження витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами в різних режимах: «гібридний», «тільки паливо», «тільки електрика»;

- удосконалено метод визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами в залежності від експлуатаційних та економічних умов, що на відміну від відомих враховує режим «тільки електрика»; проведений порівняльний розрахунок еквівалентної витрати палива гібридним транспортним засобом, гібридним електромобілем та автомобілем з двигуном внутрішнього згоряння при їх експлуатації в різних країнах;

- проведено дослідження добового пробігу (від заряду до заряду тягової акумуляторної батареї) гібридного транспортного засобу від завантаженості, природно-кліматичних умов та загальної енергоємності акумуляторної батареї;

- для підтвердження запропонованого методу визначення витрат енергоносіїв проведені натурні випробування гібридних транспортних засобів в умовах експлуатації;

- проведено порівняльне дослідження паливної економічності та вартості експлуатації гібридного транспортного засобу та аналогічного автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння.

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

Предмет дослідження – метод визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами з зовнішнім зарядом, які мають режим «тільки електрика».

Методи дослідження. Для теоретичного дослідження відомих випробувань ТЗ на паливну економічність та екологічність (ГОСТ 20306-90, NEFZ, JC08, FTP 75, EPA) застосовувались методи аналізу, на основі яких синтезовані основні аспекти запропонованого методу. Під час удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами використовувались математичні та апроксимаційні методи моделювання безперервних процесів. Під час проведення експериментальних випробувань серійних та розроблених гібридних транспортних засобів в умовах експлуатації застосовувались методи, засоби та комп’ютерне забезпечення інформаційно-вимірювальних комплексів для дослідження робочих процесів гібридних силових установок. Під час обробки експериментальних даних використовувались методи математичної статистики. Під час складання бізнес-плану використовувалися вимоги стандарту UNIDO, маркетингове планування об’єкта інвестування, SWOT-аналіз та ін.

Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-прикладне завдання, що створює умови для ефективного використання гібридних транспортних засобів за рахунок удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв.

Наукова новизна визначається такими положеннями:

вперше одержано:

- метод визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами в залежності від умов експлуатації, який на відміну від відомих, враховує всі режими руху: «тільки електрика», «гібридний», «тільки паливо»;

- порівняльні залежності витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами за їх експлуатації в різних країнах;

удосконалено:

- залежності витрати енергоносіїв та еквівалентної витрати палива від добового пробігу гібридних транспортних засобів;

- залежності впливу різних експлуатаційних умов на добовий пробіг гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика»;

набули подальшого розвитку:

- експериментальні дослідження гібридних транспортних засобів, ураховуючи всі режими руху: «тільки електрика», «гібридний», «тільки паливо» в умовах експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність полягає у вирішенні завдання визначення паливної економічності гібридних транспортних засобів залежно від їх технічних характеристик, умов експлуатації, вартості енергоносіїв та добового пробігу. Результати дослідження будуть корисними для розробників та власників гібридних транспортних засобів, керівників автомобільних підприємств, які мають в автопарку гібридні транспортні засоби чи планують їх придбати, а також осіб, які представляють контролюючі органи.

Методологічні основи розрахунку доцільно реалізувати в додатках для смартфонів та навігаторів. Програма, згідно з технічними характеристиками гібридного транспортного засобу, запланованої відстані поїздки, навантаження та з урахуванням природно-кліматичних умов та умов руху, розраховує: витрати енергоносіїв, еквівалентну витрату палива, витрати на поїздку.

З метою підвищення інноваційної привабливості проведених досліджень та подальшого впровадження гібридної силової установки у серійне виробництво розроблений бізнес-план «Модернізація легкового автомобіля в гібридний» у стандарті UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), що отримав Диплом фіналіста Міжнародного конкурсу інноваційних та інвестиційних проєктів «Kharkiv initiatives» у номінації «Кращий інноваційний проєкт у сфері високотехнологічного машинобудування» в 2013 році.

Дисертаційна робота включає всі стадії єдиного інноваційного процесу «наука – техніка – виробництво», тому що науково-технічні розробки впроваджені на підприємствах, що реалізують та обслуговують ТЗ, у тому числі гібридні та електромобілі:

- АСЦ АТЛ універсальна програма оцінки паливної економічності гібридних транспортних засобів;

– ТОВ «Спалах Юа» алгоритм та формульний апарат для розрахунку паливної економічності гібридних транспортних засобів для подальшого впровадження в стартаповський проект.

Результати досліджень упроваджені в навчальний процес ХНАДУ для підготовки бакалаврів за напрямом 6.050702 «Електромеханіка».

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно та проводились у ХНАДУ [1–22]. Конкретний особистий внесок автора в опублікованих зі співавторами наукових працях, у яких наведені ідеї та результати розробок, що використані в дисертації:

- досліджені технічні характеристики акумуляторних батарей для їх використання в гібридних транспортних засобах [1];
- розроблено методологічні основи розрахунку еквівалентної витрати палива електромобілями за їх експлуатації в різних економічних умовах [4];
- проаналізовано відомі схеми побудови гібридних силових установок, визначено необхідність їх розроблення та впровадження [5];
- запропоновано нові технічні рішення щодо енергозбереження на дорожніх транспортних засобах [12, 13];
- проведено аналіз відомих схемних рішень та визначено особливості побудови транспортних засобів із гібридною силовою установкою [14];
- сформульовано доцільність розробки автомобілів із гібридною силовою установкою [17];
- обґрунтовано необхідність підвищення рівня безпеки автомобілів [18];
- визначено шляхи підвищення паливної економічності легкових транспортних засобів [20];
- наведено основні положення універсального методу дослідження паливної економічності транспортних засобів [22].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційних досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на міжнародних конференціях: XIII–XIV науково-технічній конференції з міжнародною участю «Транспорт, екологія – сталий розвиток» (Болгарія, Варна, 2007–2008 рр.), 70–72 міжнародній студентській науковій конференції (Харків, ХНАДУ, Україна, 2008–2010 рр.), XII, XVI Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобільний транспорт. Проблеми та перспективи» (Севастополь, 2009, 2013 рр.), Міжнародній науково-практичній конференції студентів і молодих вчених іноземними мовами «Транспортні системи, автомобілі та дорожнє будівництво: інновації та їх впровадження», (Харків, 2012 р.), Міжвузівській науково-практичній конференції «Університетська наука – 2012» (Луганськ, 2012 р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху» (Харків, 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблема надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва», (Харків, 2013 р.), Міжнародній Інтернет-конференції «Математичне моделювання прикладних задач математики, фізики, механіки» (Харків, 2013 р.), 66-й науково-

технічній та науково-методичній конференції університету, (Росія, Белгород, 2013 р.), II Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Проблеми і перспективи розвитку автомобільної галузі» (Донецьк, 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Модернізація і наукові дослідження в транспортному комплексі» (Росія, Перм, 2014 р.), I–IV Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» (Харків, 2011 р., 2013 р., 2015 р.).

Публікації. Наукові положення та результати дисертаційної роботи повністю опубліковані у 22 наукових працях. Із них 11 наукових праць, що входять до фахових видань України (2 електронних) та інших держав (1 публікація), а також 9 тез у збірниках доповідей наукових конференцій (у тому числі 2 закордонні). За темою дисертації отримано 2 патенти України.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 233 сторінку, в тому числі 3 додатки на 75 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 146 сторінки, 74 рисунки, 35 таблиці. Список використаних джерел налічує 106 найменувань на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, наведений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обґрунтовано мету і завдання, об'єкт і предмет та методи дослідження. Визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено дані про апробацію і публікації.

У першому розділі обґрунтований напрям дослідження, проаналізовані випробувальні тести на паливну економічність ТЗ.

Для дослідження паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів у ряді країн використовуються різні методики та їздові цикли й тести: NEDC – у Європі, FTP 75 – в США, JC08B – в Японії, ГОСТ 20306-90 – в Україні. Незалежні дослідження проводить агентство федерального уряду США з охорони навколишнього середовища Environmental Protection Agency (EPA). Ці та інші тести не завжди підходять для оцінки паливної економічності гібридних транспортних засобів, бо частину шляху або весь шлях такі ТЗ можуть подолати в режимі «тільки електрика» за рахунок електричної енергії, отриманої із зовнішніх джерел.

Проблема паливної економічності ТЗ для користувачів є важливим, а з появою гібридних транспортних засобів і складним завданням, тому що еквівалентна витрата палива для кожної країни буде різною та може відрізнятися в рази. Ця проблема ускладнюється тим, що на економічність автомобілів з електроприводом впливають різні чинники: експлуатаційні умови (транспортні, природно-кліматичні, дорожні), технічні (енергооснащеність, споряджена маса), економічні (вартість енергоносіїв: палива та електричної енергії), суб'єктивні (майстерність водія). Тому необхідно розробити метод

визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами, який буде враховувати експлуатаційні та економічні умови.

У другому розділі визначена класифікація гібридних транспортних засобів та особливості оцінки їх паливної економічності.

Проведена класифікація гібридних транспортних засобів, що розділені на дві основні категорії: гібридний електромобіль, який реалізується за гібридної технології послідовного типу, і на гібридний транспортний засіб, який реалізує гібридну технологію паралельного типу. Паливна економічність гібридних транспортних засобів із зовнішнім зарядом (Plug-in Hybrid) залежить насамперед від добового пробігу та вартості енергоносіїв (палива та електроенергії). Такі ТЗ у режимі «тільки електрика» споживають електричну енергію від тягової акумуляторної батареї, що накопичена зі зовнішніх джерел. Тому витрату енергоносіїв треба перераховувати з урахуванням як витрати палива, так і витрати електричної енергії. Правилами ЄЕК ООН № 83-05:2005 рекомендовано для гібридних транспортних засобів, які заряджаються за допомогою зовнішнього зарядного пристрою з перемикачем робочих режимів, такий спосіб визначати паливну економічність (табл. 1).

Таблиця 1 – Приклад вибору робочих режимів

Заряд батареї \ Гібридні режими	Тільки електрика Гібридний режим	Тільки паливо Гібридний режим	Тільки електрика Тільки паливо Гібридний режим	Гібридний режим (спортивний, економічний, міський, позаміський)
Умова А. Повна зарядка	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим з переважним споживанням електроенергії
Умова В. Мінімальна зарядка	Гібридний режим	Споживання палива	Споживання палива	Режим з переважним використанням палива

Таким чином, регламентовані лише режими «гібридний» і «тільки паливо», а режим «тільки електрика» не враховується. Тому актуальним є удосконалення методу дослідження паливної економічності, що враховує рух гібридних транспортних засобів у всіх режимах.

У третьому розділі розроблені теоретичні обґрунтування методу визначення витрати енергоносіїв гібридними транспортними засобами та проведена його практична реалізація для транспортних засобів різного типу.

Проведені математичні дослідження витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами з зовнішнім зарядом. Вартість експлуатації гібридних транспортних засобів у загальному вигляді розраховується як сума двох складових. Перша складова – це вартість експлуатації гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика», грн/100 км

$$C_{\text{Електро}(100\text{км})} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 10^4, \quad (1)$$

де $W_{\text{Ел}}$ – витрата електроенергії для подолання 1 км шляху, кВт·год/км;

$C_{\text{кВт}}$ – тариф на електроенергію за 1 кВт·год;

η – ККД зарядного пристрою, %.

Для перерахунку вартості експлуатації гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика» у еквівалентну витрату палива необхідно отриману за формулою (1) вартість електричної енергії перевести у відповідну витрату палива згідно з вартістю бензину або дизельного палива в країні, де експлуатується ТЗ, л/100 км

$$Q_{\text{Електро(100км)}} = \frac{W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 10^4}{C_{\text{палива}}}, \quad (2)$$

де $C_{\text{палива}}$ – вартість палива в країні, в якій експлуатується гібридний транспортний засіб, грн/л.

Друга складова – це витрата при експлуатації ТЗ у «гібридному режимі» з переважним використанням палива $C_{\text{Гібрид}}$, грн/100 км

$$C_{\text{Гібрид(100км)}} = Q_{\text{Гібрид}} \cdot C_{\text{Палива}}, \quad (3)$$

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

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

Для порівняльної оцінки паливної економічності досліджено гібридний транспортний засіб із зовнішнім зарядом – Toyota Prius PHV, гібридний електромобіль Chevrolet Volt та ТЗ аналогічного класу з двигуном внутрішнього згоряння Volkswagen Golf VII (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняльні технічні характеристики транспортних засобів

Основні характеристики		Транспортні засоби		
		Prius PHV	Volt	Golf VII
Батарея	ємність, А·год	15	44	-
	енергоємність, кВт·год	4,4	16	-
	маса, кг	80	198	-
	напруга, В	345,6	360	-
Потужність електричного двигуна, кВт		60	111	-
Бензиновий двигун	потужність, кВт (к.с.)	73 (98)	63,2 (86)	103 (140)
	максимальні оберти, об./хв	5200	4800	6000
	об'єм, л	1,8	1,4	1,4
Пробіг у режимі «тільки електрика», км		26,4	60	-
Макс. швидкість у режимі «тільки електрика», км/год		85	160	-
Викид CO ₂ , г/км		49	60	116
Середня витрата палива, л/100 км		2,6	5	5,2

Як початкові дані для дослідження обрані результати тестів ЕРА та ціни на енергоносії (палива та електроенергії), дійсні в різних країнах на кінець 2015 року. Проведено порівняльне дослідження паливної економічності Toyota Prius PHV та Chevrolet Volt у режимі «тільки електрика» (табл. 3) та в «гібридному режимі» з переважним використанням палива (табл. 4).

Таблиця 3 – Порівняння паливної економічності Chevrolet Volt та Toyota Prius PHV у режимі «тільки електрика»

Параметри	Транспортні засоби	
	Toyota Prius PHV	Chevrolet Volt
Витрата енергії на 160,9 км, кВт·год	23,2	39,0
Витрата енергії на 1 км, кВт·год	0,145	0,244
Витрати за використання в Україні, грн/100 км	11,45	19,25
Витрати за використання в США, грн/100 км	45,32	76,25
Витрати за використання в Росії, грн/100 км	29,73	50,02
Перерахунок у витрату палива в Україні, л/100 км	0,56	0,95
Перерахунок у витрату палива в США, л/100 км	2,95	4,97
Перерахунок у витрату палива в Росії, л/100 км	2,18	3,56
Пробіг в режимі «тільки електрика», км	23,5	54,5

Таблиця 4 – Порівняння паливної економічності Chevrolet Volt та Toyota Prius PHV у «гібридному режимі» та Volkswagen Golf VII

Основні характеристики	Транспортні засоби		
	Prius PHV	Volt	Golf VII
Витрата палива, л/100 км	4,98	7,56	5,2
Витрати за використання в Україні, грн/100 км	100,59	152,71	105,04
Витрати за використання в США, грн/100 км	76,39	115,97	79,77
Витрати за використання в Росії, грн/100 км	69,91	106,14	73,01

Дослідження демонструють суттєві економічні переваги експлуатації гібридних транспортних засобів в режимі «тільки електрика» в Україні, витрати на використання яких у 3,9 раза нижчі, ніж в США. Дослідження демонструє, що витрати за використання в США в режимі «тільки електрика» Chevrolet Volt у 1,52 раза, Toyota Prius PHV у 1,68 раза економічніше, ніж у «гібридному режимі», а в Україні – у 7,9 і 8,8 разів відповідно. Витрати на використання Volkswagen Golf дорівнюють вартості експлуатації Toyota Prius PHV у «гібридному режимі» та на 30...40 % нижче, ніж у Chevrolet Volt.

Паливна економічність транспортних засобів із електроприводом залежить від добового пробігу в режимі «тільки електрика». Проведемо порівняльний розрахунок витрати енергоносіїв Chevrolet Volt і Toyota Prius PHV та перерахуємо її в еквівалентну витрату палива для визначення реальної оцінки їх паливної економічності. В загальному вигляді, для будь-якої пройденої автомобілем відстані S , формули (1)...(3) для розрахунку вартості енергоносіїв під час експлуатації гібридних транспортних засобів $C_{\text{ЕксплГ}}$ зводяться до системи рівнянь та набувають вигляду, грн/км

$$\begin{cases} C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\%, S \leq S_{\text{Електро}}; \\ C_{\text{Гібрид}} = \frac{Q_{\text{Гібрид}} \cdot C_{\text{Палива}}}{100}, S \geq S_{\text{Електро}}; \\ C_{\text{ЕксплГ}} = C_{\text{Електро}} + C_{\text{Гібрид}}, S = S_{\text{Електро}} + S_{\text{Гібрид}}, \end{cases} \quad (4)$$

де S – загальний пробіг гібридного автомобіля, км;

$S_{\text{Електро}}$ – пробіг гібридного автомобіля в режимі «тільки електрика», км;

$S_{\text{Гібрид}}$ – пробіг автомобіля 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

$$C_{\text{Добова/км}} = \frac{C_{\text{ЕкспГА}}}{S_{\text{Добова}}}, \quad (5)$$

де $C_{\text{Добова/км}}$ – вартість одного кілометра пробігу, грн/км;

$S_{\text{Добова}}$ – добовий пробіг гібридного транспортного засобу, км.

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

$$Q = \frac{C_{\text{ЕкспГА}} \cdot 100}{C_{\text{Палива}} \cdot S_{\text{Добова}}}. \quad (6)$$

Результати порівняльного розрахунку еквівалентної витрати палива Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV та Volkswagen Golf VII від добового пробігу під час експлуатації на території України та США представлені на рис. 1.

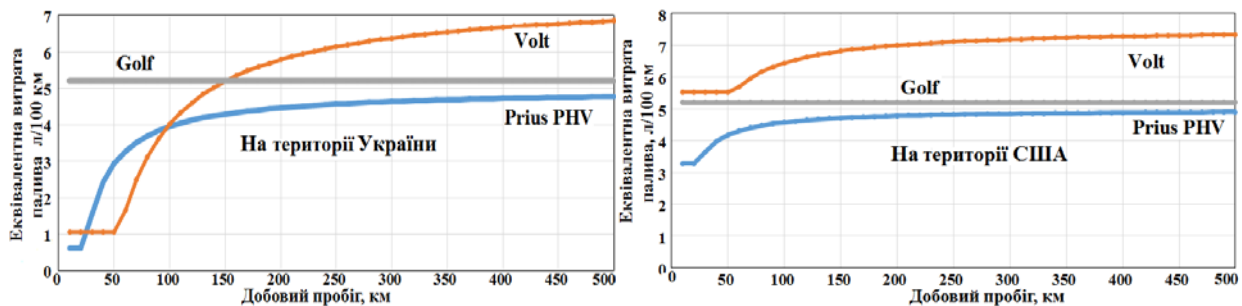


Рисунок 1 – Залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу

Дослідження демонструє, що еквівалентна витрата палива гібридними транспортними засобами у режимі «тільки електрика» на території України (із добовим пробігом 30...40 км) вигідніша, ніж у США, в 5,2 раза. Це пов'язано з

різною вартістю енергоносіїв у цих країнах. Зі зростанням добового пробігу еквівалентна витрата палива підвищується і може перевищувати навіть паливну економічність аналогічного ТЗ із двигуном внутрішнього згорання.

Отримані залежності $Q = f(S)$ (див. рис. 1) апроксимовані у вигляді системи рівнянь для режимів «тільки електрика» і «гібридний режим», л/100 км

$$\begin{cases} Q = Q_{\min}, S \leq S_{\text{Електро}} \\ Q = (Q_{\max} - Q_{\min}) \cdot \left(1 - e^{\frac{S - S_{\text{Електро}}}{S_t}} \right) + Q_{\min}, S \geq S_{\text{Електро}} \end{cases} \quad (7)$$

Для Chevrolet Volt апроксимація залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу за експлуатації на території України набуває вигляду:

$$\begin{cases} Q = 1,06, S \leq 54,5 \\ Q = (7,56 - 1,06) \cdot \left(1 - e^{\frac{S - 54,5}{71,8}} \right) + 1,06, S \geq 54,5 \end{cases} \quad (8)$$

Для Toyota Prius PHV апроксимація залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу за експлуатації на території України набуває вигляду:

$$\begin{cases} Q = 0,63, S \leq 23,2 \\ Q = (4,98 - 0,63) \cdot \left(1 - e^{\frac{S - 23,2}{28,5}} \right) + 0,63, S \geq 23,2 \end{cases} \quad (9)$$

Дослідження паливної економічності виконувалися на модернізованому в гібридний варіант ЗАЗ Ланос Пікап, що розроблений на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ, в умовах експлуатації з повним зарядом тягової акумуляторної батареї, та показали достатню енергетичну ефективність розробленої гібридної силової установки (табл. 5).

Таблиця 5 – Основні технічні характеристики модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап

Характеристики	Режими		
	тільки електрика	гібридний	тільки паливо
Максимальний пробіг, км	50	500	450
Середній пробіг під час вимірювання, км	19	27	17
Середня витрата палива, л/100 км	-	3,8	9,5
Середня витрата електроенергії, кВт·год/км	0,25	0,08	-
Собівартість витрат на енергоносії, грн/100 км	19,73	76,82	191,9

Проведене дослідження паливної економічності гібридного ЗАЗ Ланос Пікап з Toyota Prius PHV та Chevrolet Volt за експлуатації в Україні (рис. 2).

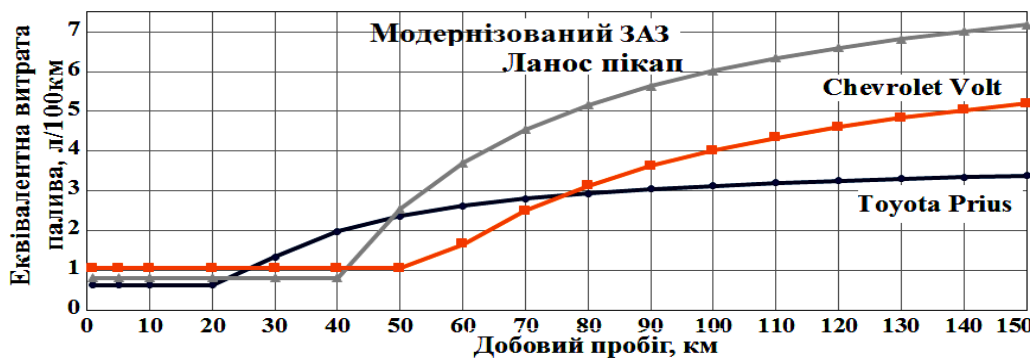


Рисунок 2 – Залежності еквівалентної витрати палива від добового пробігу

Результати дослідження паливної економічності Chevrolet Volt, Toyota Prius і модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап демонструють, що на відстанях до 40...50 км ефективніше використовувати ЗАЗ Ланос Пікап, ніж закордонні аналоги.

Для модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап апроксимація залежності паливної економічності (див. рис. 2) набуває вигляду:

$$\begin{cases} Q = 0,81, S \leq 40 \\ Q = (9,5 - 0,81) \cdot \left(1 - e^{\frac{S-40}{58,4}} \right) + 0,81, S \geq 40 \end{cases} \quad (10)$$

Дослідження витрати енергоносіїв під час експлуатації Toyota Prius PHV і модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап у різних країнах демонструють, що в більшості країн витрата на енергоносії в режимі «тільки електрика» в 3...4 рази нижча ніж у «гібридному режимі» (рис. 3).

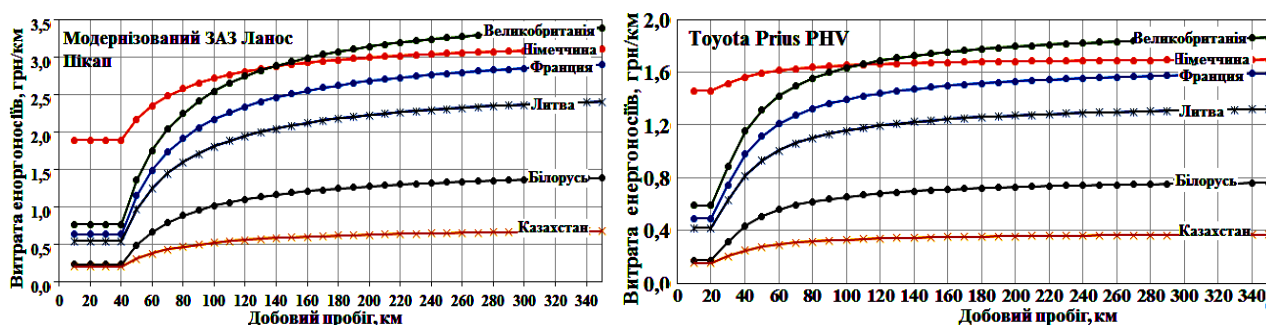


Рисунок 3 – Залежності витрати енергоносіїв ТЗ у різних країнах

У четвертому розділі досліджено витрати енергоносіїв гібридними транспортними засобами залежно від завантаженості, пробігу, енергоємності тягових акумуляторних батарей та ін. Натурні випробування Toyota Prius та гібридного ЗАЗ Ланос Пікап підтверджують розрахункові дані.

Досліджено паливну економічність, а також витрати на використання модернізованого та базового ЗАЗ Ланос Пікап. Отже, економія бензину E від упровадження гібридної силової установки в базовий ТЗ складає, л:

$$E = \frac{S_p \cdot G}{100} \cdot \frac{f}{1+f}, \quad (11)$$

де S_p – відстань, яку долає автомобіль за рік, км;

G – витрата палива базового ТЗ, л/100 км;

$f = \frac{G - G_r}{G_r}$ – коефіцієнт паливної економичності;

G_r – витрата палива гібридного ТЗ, л/100 км.

Порівняльне дослідження паливної економичності модернізованого та базового ЗАЗ Ланос Пікап репрезентує, що під час пробігу за рік 20 000 км термін окупності гібридної силової установки складатиме менше 2 років, якщо її вартість 40 тис. грн. Під час добового пробігу гібридного Ланос Пікап до 70 км економія палива складає від 50 до 90 % (рис. 4).

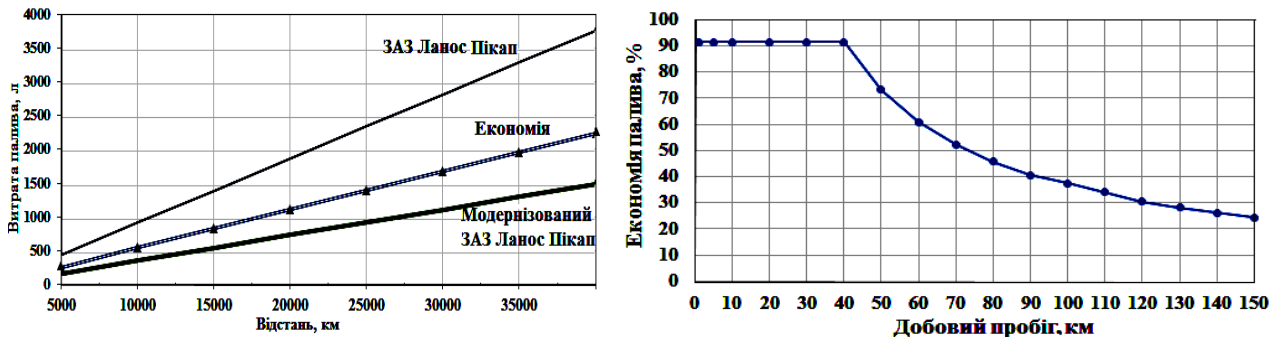


Рисунок 4 – Порівняння паливної економичності модернізованого та базового ЗАЗ Ланос Пікап та відносна добова економія палива

Як джерело живлення у модернізованому ЗАЗ Ланос Пікап застосовуються 20 літій-залізо-фосфатних акумуляторів (табл. 6).

Таблиця 6 – Характеристики акумулятора TS-LFP90АНА

Тип	Акумулятор літій-залізо-фосфатний
Ємність Q , А·год	90
Струм заряду, А	0,5·С
Максимальний струм розряду, А	3·С
Робоча напруга, В	2,5...4,25
Кількість циклів заряд-розряд	3000...5000
Діапазон робочих температур, °С	-45...+85
Вага, кг	3,2

Для визначення дальності пробігу гібридного транспортного засобу в режимі «тільки електрика» проведемо розрахунок питомої енергоємності акумулятора TS-LFP90АНА, що застосовується для живлення тягового електропривода модернізованого автомобіля, Вт·год/кг.

$$E_{\pi} = \frac{U_{\text{ел}} \cdot Q}{m_{\text{АКБ}}}, \quad (12)$$

де $E_{\text{п}}$ – питома енергоемність акумулятора, Вт·год/кг;

$U_{\text{ел}}$ – середня напруга акумулятора, В;

$m_{\text{АКБ}}$ – маса акумулятора, кг;

$Q = I \cdot t$ – ємність акумулятора, А·год;

I – розрядний струм, А;

t – час розряду, год.

Дальність пробігу автомобіля $S_{\text{е}}$ на електричній тязі, км

$$S_{\text{е}} = \frac{E_{\text{п}} \cdot n \cdot m_{\text{ТАБ}} \cdot k}{K_{\text{Е}} \cdot (m_{\text{Ел}} + n \cdot m_{\text{ТАБ}})}, \quad (13)$$

де $E_{\text{п}}$ – питома енергоемність акумулятора, Вт·год/кг;

n – кількість акумуляторів, шт.;

$K_{\text{Е}}$ – питоме споживання енергії в режимі «тільки електрика» в різних умовах експлуатації, Вт·год/(кг·км) (табл. 7);

$m_{\text{Ел}}$ – споряджена маса автомобіля, кг;

k – коефіцієнт використання ємності акумулятора, що враховує, яку частину енергії можна реально використовувати. Прийmemo $k = 0,9$.

Таблиця 7 – Питоме споживання енергії від умов руху

Питоме споживання енергії $K_{\text{Е}}$, Вт·год/(кг·км)	Умови руху
0,10...0,15	Легкі умови. Рух з постійною швидкістю 20...50 км/год
0,15...0,20	Середні умови. Нормальний міський рух. Рух з усталеною швидкістю 50...80 км/год
0,20...0,25	Складні умови. Більше 10 зупинок протягом 1 км. Рух з усталеною швидкістю більше 80 км/год

Результати дослідження пробігу модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап спорядженою масою 1200 кг у режимі «тільки електрика» залежно від умов експлуатації та кількості використаних акумуляторних батарей у блоці живлення показують, що для подолання 30...40 км у середніх умовах руху достатньо застосовувати 20 акумуляторних батарей типу LFP090АНА 3.2V/90Ah. Максимальний пробіг у легких умовах руху буде складати до 50 км.

Проведено дослідження залежності еквівалентної витрати палива модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап від завантаженості та умов руху (рис. 5).

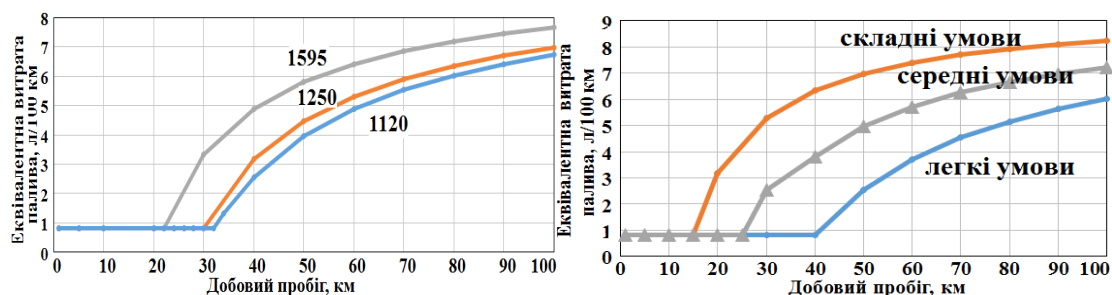


Рисунок 5 – Залежності еквівалентної витрати палива від завантаженості та умов руху

Натурні випробування модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап і Toyota Prius в реальних умовах експлуатації підтверджують розрахункові дані, отримані за допомогою запропонованого методу визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами. Для дослідження робочих процесів гібридних силових установок модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап та Toyota Prius розроблені відповідні інформаційно-вимірювальні комплекси.

На прикладі модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап проведено дослідження добового пробігу в режимі «тільки електрика» залежно від завантаженості, температури навколишнього середовища та від умов руху (табл. 8).

Таблиця 8 – Вплив зміни параметрів на добовий пробіг модернізованого Ланос Пікап

Маса, кг	Умови руху, кВт·год/(кг·км)	Температура навколишнього середовища, °C	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

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 умовах експлуатації. Ускладнення умов руху призводить до зменшення добового пробігу з 48,9 до 17,9 км при масі 1250 кг за температури 0 °C, 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 °C змінюється неістотно (на 2,4 %), за подальшого зниження температури до –25 °C добовий пробіг знижується на 13,1 %.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення важливого науково-прикладного завдання підвищення ефективності використання гібридних транспортних засобів за рахунок удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв у різних експлуатаційних умовах. Практичні та теоретичні результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємствах та у навчальний процес університету при викладанні дисципліни «Моделювання електромеханічних систем», що забезпечує підвищення ефективності отриманих результатів. Основними результатами наукового пошуку є такі:

1. Встановлено, що на сьогодні в Україні не існує методів дослідження витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами із зовнішнім зарядом. Правилами ЄЕК ООН № 83-05:2005 регламентуються лише «гібридний режим» та режим «тільки паливо», але режим «тільки електрика» не підтримується. Тому удосконалення методу дослідження витрат енергоносіїв у різних

експлуатаційних та економічних умовах, що включає рух у режимі «тільки електрика» має новизну, є актуальним та інноваційним.

2. Удосконалено метод визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами залежно від експлуатаційних та економічних умов. За допомогою цього методу проведено порівняльне дослідження витрат енергоносіїв гібридного транспортного засобу із зовнішнім зарядом Toyota Prius PHV, гібридного електромобіля Chevrolet Volt та аналогічного автомобіля з ДВЗ Volkswagen Golf VII 1.4 TSI під час їхньої експлуатації в різних країнах. Дослідження показало, що в більшості країн витрата енергоносіїв у режимі «тільки електрика» в 3...4 рази нижча, ніж у «гібридному» режимі. Однак у таких країнах, як Німеччина, економічна ефективність від експлуатації, наприклад Chevrolet Volt, у режимі «тільки електрика» неістотна (складає всього 5 %) і присутня тільки екологічна складова.

Результати дослідження демонструють, що витрати при використанні Toyota Prius PHV у США в режимі «тільки електрика» у 1,52 рази економічніше, ніж у гібридному режимі, а в Україні – у 8,8 рази. В Україні гібридні транспортні засоби в режимі «тільки електрика» доцільно використовувати у міському режимі руху із середньодобовим пробігом 30...40 км, тоді вартість енергоносіїв буде нижчою, ніж у США.

3. Проведено дослідження добового пробігу модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап у режимі «тільки електрика» за рахунок енергії, що накопичена в тягових акумуляторних батареях типу TS-LFP90АНА від зовнішніх джерел енергії, в залежності від експлуатаційних умов та від загальної енергоємності батарей (кількості використаних акумуляторів) від 2,88 кВт·год (10 акумуляторів) до 14,4 кВт·год (50 акумуляторів). Енергоємність блоку з 50 акумуляторів типа TS-LFP90АНА вистачить на подолання ТЗ спорядженою масою 1120 кг відстані до 130 км у легких умовах руху, а для подолання 30...40 км у середніх умовах руху достатньо застосовувати 20 акумуляторів (5,76 кВт·год).

Виконано дослідження технічних можливостей модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап з 20 акумуляторами та спорядженою масою 1120 кг, яке демонструє, що добовий пробіг у режимі «тільки електрика» в легких умовах руху досягає 50 км, у середніх – 33 км. Збільшення навантаження до повної маси 1595 кг знижує максимальний пробіг до 35 км. Ускладнення експлуатаційних умов зменшує пробіг з 50 км до 20 км.

4. Порівняльні натурні випробування модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап та Toyota Prius в умовах експлуатації підтверджують розрахункові дані, що отримані за допомогою удосконаленого методу оцінки витрати палива гібридними транспортними засобами.

5. Встановлено, що вартість експлуатації модернізованого гібридного ЗАЗ Ланос Пікап в 2,5 рази вигідніше, ніж серійного. Вартість серійного зразка тягового електропривода, що отримує живлення від 20 акумуляторів типу TS-LFP90АНА, складає близько 40 000 грн. Ця вартість повністю окупиться із подоланням 35 000 км. Під час пробігу 20 000 км на рік термін окупності складатиме менше 2 років.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Використання конденсаторів великої ємності для забезпечення оптимальних параметрів роботи акумуляторних батарей гібридних автомобілів / А. О. Смирнова, О. П. Смирнов, О. С. Панікарський, В. С. Боженів // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – № 3. – С. 50–55.
2. Смирнова А. О. Аналіз розвитку інформаційних панелей електромобілів та гібридних автомобілів / А. О. Смирнова // Вестник ХНАДУ. – 2011. – № 55. – С. 126–129.
3. 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.
4. Смирнов О. П. Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах / О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Серія «Автомобіле- та тракторобудування». – 2013. – № 29 (1002). – С. 114–119.
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. Смирнова А. О. Порівняльний аналіз паливної економічності гібридних автомобілів / А. О. Смирнова // Вісник СНТУ серія «Машиноприладобудування і транспорт». – 2013. – №142. – С. 173–176.
7. Борисенко А. О. Впровадження класів економічності автомобілів на Україні / А. О. Борисенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Серія «Автомобіле- та тракторобудування». – 2014. – № 10 (1053). – С. 95–99.
8. 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.
9. Борисенко А. О. Сравнительный анализ топливной экономичности гибридных автомобилей / А. О. Борисенко // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». 24–25 апреля 2014 р., Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ) и Российская академия транспорта (РАТ), Россия, Пермь. – 2014. – С. 25–29.
10. Борисенко А. О. Аналіз методів оцінки паливної економічності автомобілів [Електронний ресурс] / А. О. Борисенко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2013. – № 5. – С. 13–17. – Режим доступу: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE13_2/13baopea.pdf.

11. Борисенко А. О. Вплив завантаженості гібридного транспортного засобу на дальність пробігу на електричній тязі [Електронний ресурс] / А. О. Борисенко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2015. – № 8. – С. 17–20. – Режим доступу: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE15_2/2015-8-1.3.pdf.

12. Пат. 97651 Україна, (51) МПК (2015.01) В60К 6/00. Автомобільне дверне вікно з москітною сіткою / Смирнов О. П., Борисенко А. О.; заявник та власник патенту Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 11460 заявл. 21.10.14; опубл. 25.03.15, Бюл. № 6, 25.03.2015.

13. Пат. 97652 Україна, (51) МПК (2015.01) В60К 6/00. Автомобіль з внутрішньою системою заднього виду / Смирнов О. П., Борисенко А. О.; заявник та власник патенту Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 11461 заявл. 21.10.14; опубл. 25.03.15, Бюл. № 6, 25.03.2015.

14. Смирнов О. П. Схемные решения и особенности построения автомобилей с гибридной силовой установкой / О. П. Смирнов, А. О. Смирнова // Транспорт, екологія – сталий розвиток: XIII наук.-техн. конф., 10–12 травня 2007 р. – Варна (Болгарія), 2007. – С. 613–619.

15. Смирнова А. О. Особенности построения гибридных силовых установок / А. О. Смирнова // Транспорт, екологія – сталий розвиток: XIV наук.-техн. конф., 8–10 травня 2008 р. – Варна (Болгарія), 2008. – С. 291–295.

16. Смирнова А. О. Дослідження можливості виробництва гібридних автомобілів в Україні на базі вітчизняного виробничого комплексу / А. О. Смирнова // Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт в галузі знань «Електротехніка та електромеханіка». – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський державний технічний університет, 2011. – С. 137–138.

17. Smirnova A. O. Problems of electric cars / A. O. Smirnova, O. V. Pervashova // Innovative technologies and perspectives of transport, automobile and road-building industries : збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених іноземними мовами «Транспортні системи, автомобілі та дорожнє будівництво: інновації та їх впровадження», 2012. – Х.: ХНАДУ. – С. 207–210.

18. Смирнов О. П. Повышение уровня безопасности автомобиля за счет применения бортовых регистраторов / О. П. Смирнов, А. О. Смирнова // Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 16–17 квітня 2013 р. – Х.: ХНАДУ. – С. 157–159.

19. Смирнова А. О. Моделирование расхода энергии автомобилями при движении в европейском ездовом цикле / А. О. Смирнова // Математичне моделювання прикладних задач математики, фізики, механіки: тези доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 10–25 травня 2013 р. – Х.: ХНАДУ. – С. 241–244.

20. Борисенко А. О. Шляхи підвищення паливної економічності легкових автомобілів / А. О. Борисенко, О. В. Бажинов // Проблеми і перспективи розвитку автомобільної галузі: тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів, 18–19 вересня 2013 р. – Донецьк: Донецька академія автомобільного транспорту. – С. 10–13.

21. Борисенко А. О. Особенности оценки топливной экономичности электромобилей и гибридных автомобилей / А. О. Борисенко // 66-а науково-технічна та науково-методична конференція університету, 2013 р. – Белорусь, БНТУ. – С. 16–17.

22. Борисенко А. О. Основні положення універсального методу оцінки еквівалентної витрати палива транспортних засобів з електроприводом / А. О. Борисенко, В. А. Бармін // IV Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології», 2015 р. – Х.: ХНАДУ. – С. 4–5.

АНОТАЦІЯ

Борисенко А.О. Визначення витрат енергоносіїв гібридними транспортними засобами в умовах експлуатації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України, Харків, 2016.

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення важливої та актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності використання гібридних транспортних засобів за рахунок удосконалення методу визначення витрат енергоносіїв у різних експлуатаційних та економічних умовах. За допомогою цього методу проведений порівняльний розрахунок еквівалентної витрати палива гібридним транспортним засобом із зовнішнім зарядом Toyota Prius PHV, гібридним електромобілем Chevrolet Volt та аналогічним автомобілем з ДВЗ Volkswagen Golf VII 1.4 TSI за їх експлуатації в різних країнах.

Дослідження пробігу в режимі «тільки електрика» модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап з 20 акумуляторами типу TS-LFP90АНА та спорядженою масою 1120 кг у залежності від умов експлуатації демонструє, що максимальний пробіг у легких умовах руху досягає 50 км, у середніх – 33 км. Збільшення навантаження до повної маси 1595 кг знижує максимальний пробіг до 35 км. Ускладнення експлуатаційних умов зменшує пробіг з 50–20 км. Під час добового пробігу модернізованого ЗАЗ Ланос Пікап до 70 км економія палива складає від 50 до 90 % в порівнянні з базовим автомобілем.

Ключові слова: гібридний транспортний засіб, витрати енергоносіїв, еквівалентна витрата палива, експлуатаційні умови, енергоемність тягової акумуляторної батареї, добовий пробіг, електропривод.

АННОТАЦИЯ

Борисенко А.О. Определение расхода энергоносителей гибридными транспортными средствами в условиях эксплуатации. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет МОН Украины, Харьков, 2016.

В диссертации приведены теоретическое обобщение и новое решение важной и актуальной научно-прикладной задачи повышения эффективности использования гибридных транспортных средств за счет усовершенствования метода исследования расхода энергоносителей в различных эксплуатационных и экономических условиях. С помощью усовершенствованного метода проведено сравнительное исследование эквивалентного расхода топлива гибридным транспортным средством с внешним зарядом Toyota Prius PHV, гибридным электромобилем Chevrolet Volt и аналогичным автомобилем с ДВС Volkswagen Golf VII 1.4 TSI при их эксплуатации в различных странах. Исследование показало, что в большинстве стран расход энергоносителей в режиме «только электричество» в 3...4 раза ниже, чем в «гибридном» режиме. Однако в таких странах, как Германия, экономическая эффективность от эксплуатации Chevrolet Volt, в режиме «только электричество» незначительна (составляет всего 5%) и присутствует только экологическая составляющая.

Проведено исследование суточного пробега (от заряда до заряда тяговой аккумуляторной батареи) модернизированного ЗАЗ Ланос Пикап в режиме «только электричество» в зависимости от удельного потребления энергии. Для расчета принято, что количество аккумуляторов типа TS-LFP90АНА 90Ah в батарее, а соответственно, и их общая энергоемкость может варьироваться от 10 (2,88 кВт·ч) до 50 штук (14,4 кВт·ч). Результаты расчета показали, что энергоемкости блока из 50 аккумуляторов типа TS-LFP90АНА достаточно для преодоления автомобилем снаряженной массой 1120 кг расстояния до 130 км в легких условиях движения. Для преодоления 30...40 км в средних условиях движения достаточно использовать 20 аккумуляторов (5,76 кВт·ч).

Исследование пробега в режиме «только электричество» модернизированного ЗАЗ Ланос Пикап с 20 аккумуляторами и снаряженной массой 1120 кг в зависимости от условий эксплуатации показывает, что максимальный пробег в легких условиях движения достигает 50 км, в средних - 33 км. Увеличение нагрузки до полной массы 1595 кг снижает максимальный пробег до 35 км. Усложнения условий движения уменьшает пробег с 50 км до 20 км. При суточном пробеге модернизированного ЗАЗ Ланос Пикап до 70 км экономия топлива составляет от 50 до 90 % по сравнению с базовым автомобилем.

Ключевые слова: гибридное транспортное средство, затраты энергоносителей, эксплуатационные условия, энергоемкость тяговых аккумуляторных батарей, суточный пробег, электропривод.

ABSTRACT

A. Borysenko Determining consumption of energy by hybrid vehicles under operation conditions. – Manuscript.

Thesis for a Candidate of Engineering Sciences degree in specialty 05.22.20 – Operation and repair of transport vehicles. – Kharkiv National Automobile and Highway University, the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis presents a theoretical generalization and new solution to an important and relevant scientific and applied problem of increasing the efficiency of using hybrid vehicles by developing a method to determine their energy consumption under various operating and economic conditions. With the help of this method there has been performed a comparative calculation of an equivalent fuel consumption by a hybrid vehicle with external charging Toyota Prius PHV, Chevrolet Volt hybrid electric car and a similar automobile with ICE Volkswagen Golf VII 1.4 TSI during their operation in different countries.

The simulation of a run of a hybrid concept ZAZ Lanos Pickup with 20 batteries and the curb weight of 1120 kg in the mode of «only electricity» depending on the operating conditions shows that the maximum run distance under mild-duty operating conditions reaches 50 km, medium operating conditions – 33 km. Increasing the load to the full mass of 1595 kg reduces the maximum run distance to 35 km. The growth in complexity of operating conditions reduces the run distance from 50 km to 20 km. In a daily run of a hybrid concept ZAZ Lanos Pickup up to 70 km the fuel economy ranges from 50 to 90%.

Keywords: hybrid vehicle, energy consumption, equivalent fuel consumption, operating conditions, energy consumption of a traction battery, daily run, electric drive.