

колоній відкриває можливості для подальшого розвитку інтелектуальних транспортних систем в Україні, особливо в тих галузях, де є потреба у високоточних, гнучких і надійних моделях маршрутизації.

УДК 621.8

А.П. Луцик; О.Л. Ляшук, докт. техн. наук, проф.; Д. В. Міронов, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

A.P. Lutsyk; O.L. Liashuk, Dr., Prof.; D. V. Mironov, Ph.D, Assoc.Prof.

EXPERIMENTAL STUDY OF TRACTION AND SPEED PROPERTIES OF A VEHICLE WITH HYBRID POWER UNIT

Гібридні силові установки (ГСУ) є перспективним напрямком розвитку автомобільного транспорту, що дозволяє поєднати переваги двигунів внутрішнього згоряння та електричних двигунів. Застосування ГСУ забезпечує зниження витрати палива, зменшення викидів шкідливих речовин та покращення динамічних характеристик транспортного засобу. Експлуатаційні показники руху автомобіля з ГСУ залежать від багатьох факторів, що потребує проведення комплексних експериментальних досліджень на реальних об'єктах. Метою експериментальних досліджень є визначення тягово-швидкісних властивостей при різних режимах роботи силової установки та оцінка впливу алгоритму керування на експлуатаційні показники.

Об'єктом експериментального дослідження був обраний автобус БАЗ А079 категорії МЗ Чемеровецького АТП Хмельницької області з повною масою 10 500 кг. Автомобіль було переобладнано в гібридний транспортний засіб з всеколійною схемою приводу. Зовнішній вигляд експериментального автомобіля з ГСУ представлено на рисунку 1.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд автомобіля з ГСУ

Конструкція ГСУ передбачає встановлення силового електродвигуна на місце приєднання карданного вала. Електрична силова установка (рис. 2) складається з таких основних компонентів: 1 – коробка передач; 2 – перехідна плита; 3 – муфта; 4 – електромотор; 5 – піввісь. Силивий електродвигун змінного струму з'єднаний через муфту

та перехідну плиту з коробкою передач, що забезпечує передачу крутного моменту на задню вісь.

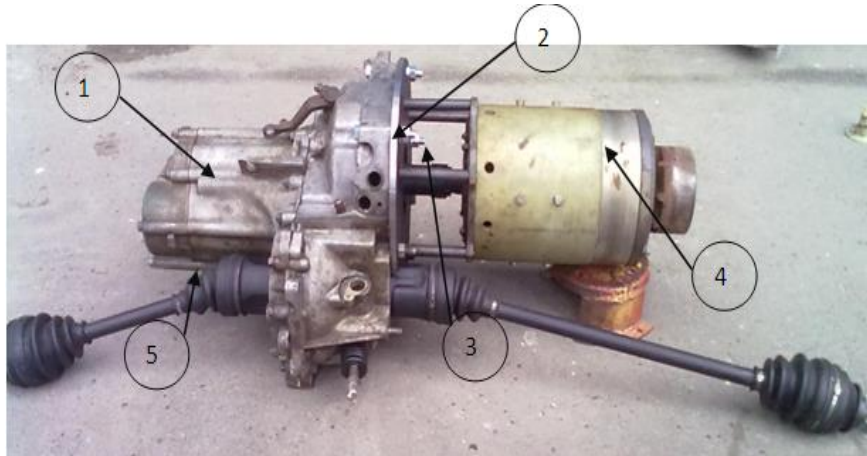


Рисунок 2. Електрична силова установка

Розміщення електродвигуна в задній частині автомобіля показано на рисунку 3. Така компоновальна схема дозволяє реалізувати всеколійний привід без значних конструктивних змін базового автомобіля. Як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея, що складається з 12 послідовно з'єднаних батарей напругою 12 В ємністю 140 А·год кожна. Сумарно батарея має енергоємність 20.16 кВт·год, що забезпечує достатній запас ходу в електричному режимі для міських умов експлуатації.



Рисунок 3. Розміщення електродвигуна в задній частині автомобіля

Експериментальний автомобіль дозволяє реалізувати різні режими роботи силової установки: рух тільки на двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ), рух тільки на електродвигуні (ЕД), комбінований режим з послідовним використанням ДВЗ та ЕД (ДВЗ+ЕД), та режим з одночасною роботою обох двигунів на максимальній потужності (ДВЗ+ЕД макс). В автомобіля із ГСУ можливий варіант руху тільки на електротязі, коли ДВЗ не працює, що забезпечує нульові викиди в міських умовах.

У ході експериментальних досліджень визначалися основні показники тягово-швидкісних властивостей: час розгону на шляху 400 м та 1000 м, максимальна швидкість руху при різних режимах роботи ГСУ. Випробування проводилися на горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям. Для кожного режиму виконувалося не менше трьох вимірювань з наступним статистичним обробленням результатів.

Залежність часу розгону на шляху 400 м від потужності ГСУ при різних співвідношеннях імовірності виконання експлуатаційних умов руху та від режимів роботи ГСУ представлена на рисунку 4. Аналіз отриманих залежностей показує, що найкращі динамічні характеристики забезпечує режим одночасної роботи ДВЗ та ЕД на максимальній потужності (ДВЗ+ЕД макс). При потужності ГСУ 180 кВт та імовірності виконання експлуатаційних умов 0.95 час розгону на шляху 400 м становить 28.5 с. Подібну залежність для шляху 1000 м представлено на рисунку 5. Аналіз залежностей рисунків 4 та 5 дозволяє зробити висновок про однаковий характер протікання залежності часу розгону на шляху 400 та 1000 м. Відмінність полягає тільки в числових значеннях. В залежності від режимів роботи силової установки найменший час розгону має схема ДВЗ+ЕД (макс), потім послідовно йдуть схеми ДВЗ, ДВЗ+ЕД та ЕД. Час розгону на шляху 1000 м в режимі ДВЗ+ЕД (макс) становить 52.3 с, що на 19.3% менше порівняно з режимом роботи тільки на ДВЗ (64.8 с).

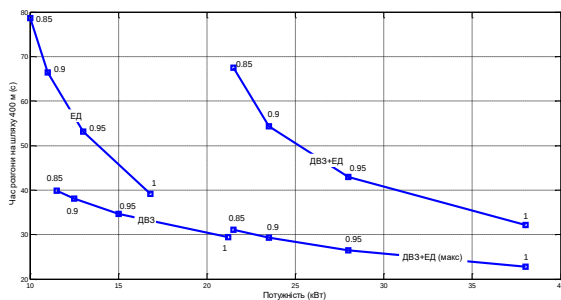


Рисунок 4. Залежність часу розгону на шляху 400 м від потужності ГСУ при різних режимах роботи

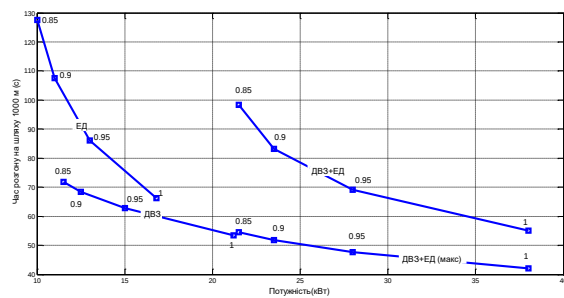


Рисунок 5. Залежність часу розгону на шляху 1000 м від потужності ГСУ при різних режимах роботи

Залежність максимальної швидкості руху від імовірності виконання експлуатаційних умов руху при різних режимах роботи гібридного силового агрегату представлена на рисунку 6. Найбільша максимальна швидкість досягається при одночасній роботі ДВЗ і ЕД в усьому швидкісному діапазоні та складає 134 км/год. Слід зазначити, що максимальна швидкість руху в режимах роботи тільки на ДВЗ та ДВЗ+ЕД однакова – 114.1 км/год, внаслідок вимикання ЕД після досягнення швидкості 24 км/год, обумовленого логікою керування даного режиму. При роботі тільки на електродвигуні максимальна швидкість обмежується значенням 85.3 км/год через характеристики електромотора та акумуляторної батареї.

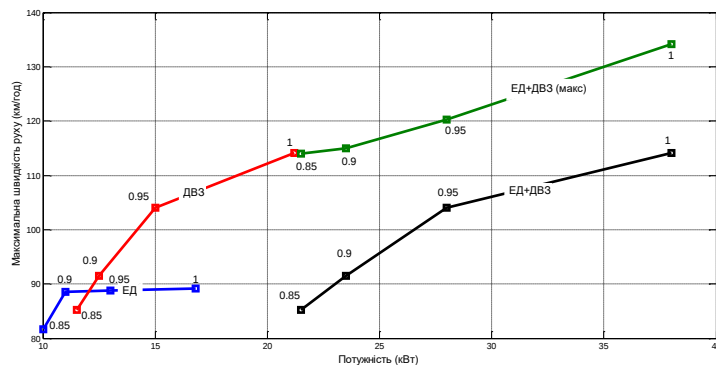


Рисунок 6. Залежність максимальної швидкості руху від імовірності виконання експлуатаційних умов руху при різних режимах роботи ГСУ

Аналізуючи залежності на рисунку 6, видно, що при зменшенні імовірності виконання експлуатаційних умов руху з 1.0 до 0.85 тягово-швидкісні властивості автомобіля з ГСУ істотно погіршуються. Максимальна швидкість в режимі ДВЗ+ЕД

(макс) знижується з 134.0 до 118.6 км/год, що становить зменшення на 11.5%. Можливе прийняття імовірності виконання експлуатаційних умов руху на рівні 0.95, що дозволяє знизити потужність ГСУ на 12-15%, а отже її вартість, без критичного погіршення експлуатаційних характеристик.

Висновки. Встановлено, що найкращі тягово-швидкісні властивості забезпечує режим одночасної роботи ДВЗ та ЕД на максимальній потужності: час розгону на 400 м становить 28.5 с, на 1000 м – 52.3 с, максимальна швидкість – 134.0 км/год. Режим роботи тільки на електродвигуні показав гірші динамічні характеристики через обмежену потужність, але забезпечує нульові викиди в міських умовах. Визначено раціональне значення імовірності виконання експлуатаційних умов руху 0.95, що дозволяє оптимізувати потужність ГСУ та знизити її вартість на 12-15% без критичного погіршення експлуатаційних показників. Результати дослідження можуть бути використані для проектування та оптимізації параметрів гібридних транспортних засобів.

Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Aulin V., Liashuk O., Mironov D., Staliński P., Rutkowski M., Lysenko S. Management-oriented assessment of transport service quality using logistics monitoring system and Harrington's desirability function in support of SDG 9. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 17. P. 7837.
3. О.Л. Ляшук, Д.В. Міронов, А.П. Луцик. Математичне моделювання гібридного транспортного засобу з послідовною конфігурацією силової установки. *Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025, с. 279-282.
4. Cheng R., Dong Z. Modeling and simulation of plug-in hybrid electric powertrain system for different vehicular application. *2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC): proceedings*. IEEE, 2015.

УДК 629.113

О.Л. Ляшук д.т.н.; Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Ю.Б. Дубовий ; Д.Л. Клопотівський
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

КУТОВІ КОЛИВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ

O. Lyashuk, R. Khoroshun; Y.Duboviy; D.Klopotovsky
**ANGULAR OSCILLATION OF WHEELED VEHICLES WITH NON-LINEAR
POWER CHARACTERISTICS OF ABSORBER SYSTEM**

До колісних транспортних засобів малої та середньої вантажності, що експлуатуються за значних швидкостей та у складних умовах руху пересіченою місцевістю ставляться значно жорсткіші вимоги щодо їх експлуатаційних характеристик. Система підвіски таких транспортних засобів із лінійним або близьким до нього законом зміни відновлюючої сили не тільки не захищає від значних перевантажень (в т.ч.