

ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ЇЗДОВОМУ ЦИКЛІ WLTC

В.О. Ломакін, викл., канд. техн. наук,

С.В. Мельничук, доц., канд. техн. наук,

Б.В. Ємець, доц., канд. техн. наук,

О.П. Рябчук, доц., канд. с.-г. наук.,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Україна

Анотація. Представлено підхід щодо оцінки ефективності використання автомобілів під час WLTC (Worldwide harmonized Light-duty vehicles Test Cycles) на основі фізичних основ руху автомобіля.

Ключові слова: WLTC, споживання енергії, втрати енергії автомобіля, ефективність автомобіля

Вступ. У останні роки автомобільна індустрія зробила значний прорив у покращенні ефективності сучасних транспортних засобів. Цей прогрес був спричинений зростаючою турботою про екологію та зростаючими витратами на паливе. Щоб вирішити ці задачі, автовиробники зосередилися на розробці інноваційних технологій та стратегій дизайну, спрямованих на покращення пливної економічності та зменшення шкідливих викидів. Коефіцієнт ефективності - це показник, який визначає, наскільки ефективно двигун та трансмісія перетворюють енергію палива в корисну енергію руху транспортного засобу. Нижче наведено інформацію про коефіцієнт ефективності для сучасних автомобілів [1-6]:

- Сучасні електричні автомобілі: електричні транспортні засоби працюють виключно на електриці та приводяться в рух електродвигуном, живлення якого відбувається від батареї. Ефективність силових установок електромобілів може варіювати, але вони, як правило, демонструють вищу ефективність порівняно з традиційними бензиновими автомобілями. Коефіцієнт ефективності приводу електромобілів зазвичай коливається навколо 80%, що вказує на те, що приблизно 80% енергії від батареї перетворюється в корисну роботу.
- Гібридні автомобілі: гібридні автомобілі поєднують в собі двигун внутрішнього згоряння і електродвигун з батареєю. Ефективність гібридних силових установок залежить від конкретного дизайну та конфігурації гібридної системи. Загалом гібридні силові установки можуть забезпечувати покращену економію пального порівняно з традиційними бензиновими автомобілями. Економія пального гібридних автомобілів може варіюватися, але вона часто перевершує ту, яку мають традиційні автомобілі.
- Класичні бензинові автомобілі з іскровим запалюванням: під класичними бензиновими автомобілями розуміють традиційні автомобілі з бензиновим двигуном. Ефективність двигунів з іскровим запалюванням може варіювати в залежності від таких факторів, як конструкція двигуна, технологія та умови руху. У середньому двигуни з іскровим запалюванням в автомобілях мають діапазон ефективності приблизно від 20% до 35%.
- Дизельні автомобілі: Дизельні автомобілі використовують двигуни із запалюванням від стиснення, відомі своєю високою ефективністю. Дизельні двигуни можуть досягати більшої теплової ефективності порівняно з двигунами з іскровим запалюванням. Ефективність дизельних двигунів може варіювати від приблизно 30% до 50%, залежно від конструкції та умов використання.

Методика. Взагалі, підхід до оцінки ефективності транспортного засобу передбачає аналіз структурних елементів всіх компонентів, таких як двигун, привід та інші. Але це складне завдання, оскільки параметри змінюються через характеристики руху і, в основному, не можуть бути зібрані або спрощені з достатньою точністю. Згідно з теоремою про збереження енергії [7]:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx = F \cdot d = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = m \cdot a \cdot d \quad (1)$$

Щоб порівнювати характеристики різних транспортних засобів в реальних умовах, використовуються цикли руху. Це є важливим елементом для вимірювання витрати пального та викидів. Ці цикли руху відображають конкретні умови руху і розроблені для імітації умов реального водіння. В різних регіонах світу використовують свої власні цикли руху, кожен з яких адаптований для відображення звичок та умов водіння, характерних для цього регіону.

Характеристики циклу руху, такі як середня швидкість, динамічна поведінка, частота та тривалість зупинок, впливають на вимірювані значення викидів та витрати пального. Наприклад, деякі цикли руху можуть мати стилізований та менш динамічний патерн водіння, як це має місце в Європі з циклом NEDC (New European Driving Cycle). З іншого боку, інші цикли руху, такі як цикл US06, що використовується в Сполучених Штатах, можуть включати більш динамічний та представницький патерн водіння. Використовуючи цикли руху, що найбільш наближені до реальних умов водіння, результати вимірювань можуть бути більш реалістичними та точними.

Важливо враховувати, що вибір циклу руху для тестування повинен враховувати фактори, такі як патерни руху, дорожні умови, швидкості та специфічні для регіону звички водіння. Використання циклу руху, який максимально наближений до реальних умов водіння, дозволяє виробникам та регулюючим органам отримувати надійніші дані щодо витрати палива та викидів, що дозволяє споживачам приймати обґрунтовані рішення на основі реалістичних очікувань щодо продуктивності.

Відповідно до WLTC, ми знаємо інформацію про швидкість, прискорення та час із частотою 1 Гц. З використанням даних з WLTC та рівняння (1) можна розрахувати використану потужність транспортним засобом [8].

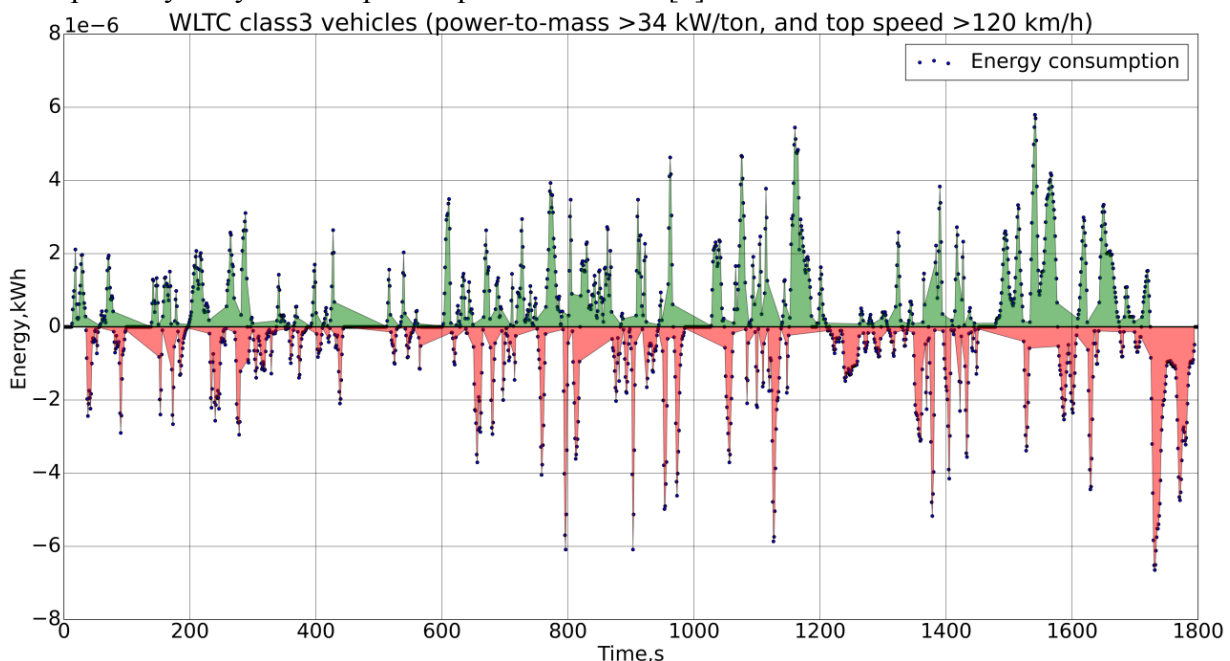


Рисунок 1 – Загальна питома (на 1 кг маси автомобіля) енергія циклу WLTC, транспортні засоби 3 класу (більше 34 кВт/т)

Енергетичний баланс циклу WLTC повинен дорівнювати нулю, оскільки вся енергія двигуна перетворюється у кінетичну енергію транспортного засобу, а під час гальмування перетворюється в тепло, що в результаті призводить до нульової швидкості. Проте можна враховувати лише позитивну потужність/енергію, розраховану згідно з рівнянням, і відкинути негативну потужність/енергію гальмування, оскільки вона не має корисного впливу, за винятком безпекових міркувань тощо. Деякі автомобілі можуть відновлювати енергію під час гальмування і зберігати її для майбутніх прискорень, що робить їх ще

ефективнішими. Щоб переконатися, що все правильно, загальна енергія повинна бути рівною нулю:

$$E = E_{\pi} + E_{\text{н}} = 0 \quad (2)$$

де E_{π} - позитивна енергія прискорення, а $E_{\text{н}}$ – негативна енергія гальмування та/або опір.

Аналіз кількості позитивної енергії E_{π} вказує на реальну роботу сил, необхідних для руху транспортного засобу (чистий прискорювальний ефект без всіх втрат), а $E_{\text{н}}$ вказує на реальну роботу гальмівних систем (втрати, такі як опір коченню і вітру, мають тут позитивний ефект). Це надає можливість порівнювати ефективність різних транспортних засобів, якщо ми знаємо кількість енергії, витраченої під час тесту WLTC (EWLTC). Потім можна розрахувати ефективність транспортного засобу за формулою:

$$\eta = \frac{E_{\pi}}{E_{WLTC}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Результати досліджень.

На рис.1 позитивна енергія E_{π} показана зеленою областю, а енергія гальмування та/або опір - червоною областю. Загальна енергія повинна в сумі повинна дати нуль:

$$E = E_{\pi} + E_{\text{н}} = 6.9 \cdot 10^{-20} \approx 0 \text{ кВТ/кг} \quad (4)$$

де E – загальна енергія за цикл.

Вираз 4 підтверджує теорему про збереження енергії за цикл WLTC.

Висновки.

Авторами запропоновано визначати ефективність транспортних засобів за цикл WLTC на основі витраченої енергії та доведено виконання теореми про збереження енергії за цикл WLTC.

Список використаних джерел

1. "Efficiency Analysis of Battery Electric Vehicle Powertrains" - Zhang, X., et al. (2019). Applied Sciences, 9(8), 1557. [Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/8/1557>] [Accessed august 2023]
2. "Efficiency Analysis of Hybrid Powertrains: A Review" - Azadi, S., et al. (2019). Energies, 12(12), 2394. [Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/12/2394>] [Accessed august 2023]
3. "Efficiency Analysis of Spark Ignition Engines in Passenger Cars" - Hountalas, D. T., et al. (2017). Energy Procedia, 105, 1514-1520. [Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021735903X>] [Accessed august 2023]
4. "Efficiency Analysis of Diesel Engines in Passenger Cars" - Shu, G., et al. (2016). Energy Procedia, 100, 951-956. [Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216324660>] [Accessed august 2023]
5. Heywood, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: McGraw-Hill, 1988.
6. <https://chat.openai.com/> [Accessed september 2023].
7. Physics Urone P, Hinrichs R., Gozuacik F., Pattison D., Tabor C. OpenStax Texas Education Agency (TEA) 850 p. 2020 ISBN-13 978-1-951693-21-3.
8. World-Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) International Council On Clean Transportation ICCT policy update november 2013 [Available: www.theicct.org] [Accessed: august 2023].