

КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ЯК ПОКАЗНИК ЙОГО ЕНЕРГЕТИКИ

Володимир Шапко

кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри автомобілів та тракторів

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, vfshapko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8201-8743

Сергій Черненко

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автомобілів та тракторів

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, sercher174@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7670-5168

Наведено аналіз критеріїв оцінювання паливної економічності автомобіля та визначено, яким повинен бути показник її оцінювання. Запропоновано оцінювати паливну економічність автомобіля з урахуванням енергетичної спроможності палива. З огляду на це як показник узятو відношення кількості витраченого палива до виконаної автомобілем транспортної роботи. Такий параметр надає можливість оцінити досконалість конструкції автомобільного двигуна, конструкції автомобіля та вплив опору дороги, а також дозволяє порівнювати паливну економічність автомобілів різних типів і конструкцій. За цим показником можна розраховувати інші критерії оцінювання паливної економічності автомобіля, зокрема ті, що містять державні стандарти.

Метод розрахунку поєднує паливно-економічну характеристику з динамічною характеристикою автомобіля. За цим методом питома витрата палива відображається за будь-якого завантаження автомобіля, дорожніх умов і швидкості руху. Це також дозволяє у межах однакових можливих режимів руху на суміжних передачах вибрати ту передачу, на якій витрата палива є меншою. Метод надає можливість спростити методичку нормування витрат палива автомобільним транспортом.

Ключові слова: автомобіль, двигун, паливо, економічність, перевезення, показники, характеристики, метод.

Актуальність роботи. Паливна економічність автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння (далі – ДВЗ) є однією з найважливіших його експлуатаційних властивостей, оскільки витрати на паливо є вагомою складовою частиною собівартості перевезень вантажів і пасажирів. Паливну економічність автомобіля зазвичай оцінюють за витратами палива на одиницю пройденого автомобілем шляху в літрах на 100 км [1]. Цей показник є дуже простим і зручним для використання в умовах експлуатації, але він не враховує клас автомобіля, його масу, завантаженість, дорожні умови, температуру навколишнього середовища тощо. За ним також неможливо порівнювати різні автомобілі.

Для планування та обліку витрат палива автомобільним транспортом на автотранспортних підприємствах здійснюють нормування витрат палива. Для цього застосовують базові лінійні

норми, установлені за моделями (модифікаціями) автомобілів, і систему нормативів і коригувальних коефіцієнтів, за якими враховують виконану транспортну роботу, кліматичні, дорожні та інші умови експлуатації [2].

Отже, необхідно удосконалити методи оцінювання паливної економічності автомобіля та планування витрат палива автомобільним транспортом.

Метою роботи є аналіз показників оцінювання паливної економічності автомобіля та визначення й обґрунтування використання критерію оцінювання паливної економічності автомобіля як показника його енергетики; розробка методу розрахунку паливно-економічної характеристики автомобіля, запровадження якого надає можливість оцінити паливну економічність автомобіля будь-якого типу за різних навантажень і дорожніх умов.

Матеріал і результати досліджень. Витрату палива на одиницю пройденого автомобілем шляху в літрах на 100 км визначають за формулою [3]:

$$q_n = \frac{V_n}{S} \cdot 100, \quad (1)$$

де S – шлях, пройдений автомобілем, км; V_n – кількість витраченого палива за пройдений автомобілем шлях, л.

Цей показник використовується у державних стандартах [4; 5].

Згідно з ГОСТ 20306-90 «Автотранспортні засоби. Паливна економічність. Методи випробувань» [4] за показником витрат палива на одиницю пройденого автомобілем шляху визначають:

- контрольну витрату палива;
- витрату палива в магістральному циклі на дорозі;
- витрату палива в міському циклі на дорозі;
- витрату палива в міському циклі на стенді;
- паливну характеристику усталеного руху;
- паливно-швидкісну характеристику на магістрально-горбистій дорозі.

Витрату палива автомобілем доцільно визначати у масових одиницях. Це сприяє більш точному оцінюванню паливної економічності, оскільки порівняно з визначенням кількості палива в об'ємних одиницях це не потребує урахування температури навколишнього середовища через зміну густини палива від температури та надає можливість пов'язати її з витратою палива ДВЗ, кг/км:

$$q_n = \frac{m_n}{S} = \frac{G_n \cdot t}{g \cdot t} = \frac{G_n}{g}, \quad (2)$$

де m_n – кількість витраченого палива, кг; G_n – годинна витрата палива, кг/год; g – швидкість руху автомобіля, км/год; t – тривалість руху, год.

Після проведення розрахунків у масових одиницях, знаючи густину палива, ми можемо дуже легко визначити об'ємну витрату.

Як було зазначено вище, показник витрати палива на одиницю пройденого автомобілем шляху для оцінювання паливної економічності автомобіля є дуже простим і зручним для використання в умовах експлуатації, але він, окрім вищезазначених недоліків, зовсім не враховує основне призначення автомобіля як транспортного засобу – виконану транспортну роботу. Очевидно, що витрата палива більш легкого та порожнього автомобіля буде меншою порівняно із завантаженим, але у цьому випадку автомобіль не виконає корисної роботи.

Для усунення недоліку визначення паливної економічності за формулою (1) витрату палива вантажних автомобілів відносять до виконаної роботи, л/(т·км) [3]:

$$q_{ms} = \frac{V_n}{m_g \cdot S}, \quad (3)$$

де m_g – маса вантажу, т.

Для пасажирських автомобілів масу вантажу визначають за кількістю пасажирів з урахуванням норм багажу.

У разі такого оцінювання виникає інший аспект. Зокрема, порожній автомобіль матиме нескінчений показник питомої витрати палива. До того ж знаменник формули (3) за фізичною ознакою не є роботою.

Для можливості розраховувати показник паливної економічності за будь-яким завантаженням пропонуємо витрату палива відносити не до маси вантажу, а до маси автомобіля. Масу вантажу доцільно враховувати за показником, який оцінюватиме ступінь завантаження автомобіля.

Для надання знаменнику ознаки транспортної роботи, яку вимірюють у джоулях, масу слід замінити на вагу.

Отже, як показник витрати палива візьмемо відношення кількості витраченого палива до виконаної автомобілем транспортної роботи, кг/кДж:

$$g_a = \frac{m_n}{G_a \cdot S} = \frac{m_n}{m_a \cdot g \cdot S}, \quad (4)$$

де G_a – вага автомобіля, Н; m_a – маса автомобіля, кг.

Енергетичні показники автомобільного ДВЗ визначають з урахуванням теплоти згоряння палива. Під час розрахунків робочих процесів ДВЗ беруть нижчу теплоту згоряння палива. Узявши зворотну величину, отримаємо показник питомої витрати палива відносно нижчої теплоти згоряння, яка під час згоряння перетворюється на теплову енергію, кг/кДж:

$$g_Q = \frac{1}{Q_H}, \quad (5)$$

де Q_H – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг.

Теплоту згоряння беруть за типом палива з літературних джерел, визначають її експериментально або розраховують за формулою Д.І. Менделєєва [6]. Із формули (5) видно, що витрата палива зменшується у міру збільшення нижчої теплоти згоряння. Нижча теплота згоряння палива залежить від типу палива. Ефективність використання різних типів палив розглянуто у роботах [7; 8].

ДВЗ здійснює перетворення теплової енергії на механічну роботу. Під час перетворення енергії втрачається частина теплоти, тому витрата палива на одиницю ефективної енергії збільшується.

Ефективну питому витрату палива розраховують за формулою, кг/кДж:

$$g_e = \frac{g_Q}{\eta_e}, \quad (6)$$

де g_e – питома ефективна витрата палива ДВЗ, кг/кДж; η_e – ефективний ККД двигуна.

Для автомобільних двигунів питому ефективну витрату палива прийнято визначати у грамах на кіловат/годину, тоді формула (6) набуває такого вигляду:

$$g_e = \frac{g_Q}{3,6\eta_e}. \quad (7)$$

За ККД двигуна оцінюють досконалість його конструкції. Автомобільні ДВЗ мають ефективний ККД у межах 0,25...0,4 [9]. Неможливо створити ДВЗ, у якого ККД дорівнює одиниці, але його можна збільшити, удосконалюючи конструкцію ДВЗ для забезпечення згоряння палива з максимальним можливим відтворенням теплової енергії та ефективним перетворенням її на механічну роботу. Щодо цього питання існує багато досліджень і публікацій. Деякі можливості підвищення ККД двигуна нами розглянуті у роботі [10].

Забезпечення повного згоряння палива надає можливість покращити не тільки паливну економічність, а і його екологічність. Ефективний ККД залежить не тільки від конструкції ДВЗ, а і від режимів його роботи, які пов'язані з режимами руху автомобіля.

Виконуючи розрахунки за формулою (4), отримуємо:

$$g_a = \frac{m_n}{G_a \cdot S} = \frac{G_n}{G_a \cdot \vartheta} = \frac{g_e \cdot N_e}{G_a \cdot \vartheta} = \frac{g_e \cdot P_k \cdot \vartheta}{G_a \cdot \eta_{mp} \cdot \vartheta} = \frac{g_e \cdot P_k}{\eta_{mp} \cdot G_a}, \quad (8)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт; η_{mp} – ККД трансмісії.

Як видно із формули (8), витрата палива залежить від конструкції трансмісії, досконалість якої оцінюють за ККД трансмісії η_{mp} .

Звісно, зі збільшенням ККД трансмісії витрата палива автомобілем зменшується. ККД трансмісії залежить від типу трансмісії та умов транспортування енергії від двигуна до ведучих коліс.

За формулою (8) на питому витрату палива впливає вага автомобіля. Зі збільшенням ваги вона зменшується, але внаслідок збільшення ваги пропорційно збільшуються і сили опору руху автомобіля, для подолання яких необхідно створити відповідну силу тяги на ведучих колесах.

Потрібну силу тяги розраховують за силами опору руху автомобіля, Н:

$$P_k = P_f \pm P_i \pm P_j + P_n + P_{np}, \quad (9)$$

де P_f – сила опору кочення коліс автомобіля, Н; P_i – сила ухилу дороги, Н; P_j – сила інерції, Н; P_n – сила опору повітря, Н; P_{np} – сила опору причепа, Н.

Визначимо складові тягового балансу автомобіля:

$$P_k = f \cdot G_a \pm i \cdot G_a \cdot P_i \pm \frac{j}{g} \cdot G_a + C_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot F \cdot \vartheta^2 + f_{np} \cdot G_{np}, \quad (10)$$

де f – коефіцієнт опору кочення автомобіля; i – ухил дороги; j – прискорення автомобіля, м/с²; C_x – коефіцієнт обтікання автомобіля; ρ – щільність повітря, кг/м³; F – площа перетину автомобіля, м²; G_{np} – вага причепа, Н.

Із рівняння (10) видно, що пропорційно збільшенню ваги автомобіля збільшуються такі показники: сила опору кочення коліс автомобіля P_f , сила ухилу дороги P_i , сила інерції P_j . Від ваги автомобіля залежить і вага причепа.

Для спрощення розрахунків вагу причепа можна поєднати з вагою автомобіля, тоді у формулі (10) буде відсутня складова опору причепа, яка переноситься на автомобіль-тягач.

Поєднавши вагу причепа з вагою автомобіля та поділивши рівняння (10) на вагу автомобіля, отримуємо його запис у безрозмірній формі:

$$\frac{P_k}{G_a} = f \pm i \pm \frac{j}{g} + \frac{C_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot F \cdot \vartheta^2}{G_a}. \quad (11)$$

Із формули (11) видно, що на опір руху досконалість конструкції автомобіля впливає в параметрах обтікання автомобіля. Частка опору повітря зі збільшенням ваги автомобіля зменшується.

Вага автомобіля безпосередньо не впливає на силу опору повітря, але автомобіль з більшою вантажністю має і більші розміри, що збільшує площу перетину автомобіля. Окрім того, обмежуються можливості створення більш обтічної форми кузова.

Коефіцієнт опору кочення значною мірою залежить від якості дороги, що не пов'язана з конструкцією автомобіля, але існує вплив конструкції шин і тиску в них повітря.

Силу опору кочення зазвичай поєднують з силою опору підйому, суму яких називають силою опору дороги. Силу опору дороги визначають за формулою:

$$P_\psi = \psi_\delta \cdot G_a = \psi_\delta \cdot m_a \cdot g, \quad (12)$$

де ψ_δ – коефіцієнт опору дороги.

Масу автомобіля можна розраховувати за його паспортними даними – повною масою та вантажопідйомністю за формулою:

$$m_a = m_{II} - m_B + m_e = m_{II} \left(1 - \frac{m_B - m_e}{m_{II}} \right), \quad (13)$$

де m_{II} – повна маса автомобіля, кг; m_B – вантажопідйомність автомобіля, кг; m_e – фактична маса вантажу, кг.

Позначимо вираз у дужках як коефіцієнт k_e , який враховує ступінь завантаження автомобіля:

$$k_e = 1 - \frac{m_B - m_e}{m_{II}}. \quad (14)$$

Тоді формулу (13) можна записати у такому вигляді:

$$m_a = m_{II} k_e, \quad (15)$$

а формулу (12) у такому вигляді:

$$P_\psi = \psi_{\partial e} \cdot m_{II} \cdot g, \quad (16)$$

де $\psi_{\partial e} = \psi_{\partial} \cdot k_e$ – приведений коефіцієнт опору дороги, який одночасно враховує вплив дороги та ступінь завантаження автомобіля.

Оскільки за приведеним коефіцієнтом опору дороги $\psi_{\partial e}$ можна одночасно врахувати вплив дорожніх умов і завантаження автомобіля, то він є змінним параметром для визначення сили P_ψ .

Розглянуті показники витрат палива автомобілем пов'язані між собою. Якщо відомий хоча б один з розглянутих показників, легко визначити будь-який інший. Зокрема, якщо визначено витрату палива на виконану автомобілем транспортну роботу, то, помноживши її на вагу автомобіля, можна розрахувати шляхову витрату палива, або навпаки, спочатку визначити шляхову витрату палива, а потім, поділивши її на вагу автомобіля, отримати питомий показник витраченого палива на виконану автомобілем транспортну роботу. Доцільно спочатку визначити саме питому витрату палива на одиницю пройденого автомобілем шляху, оскільки цей показник регламентується чинними стандартами, його визначити найпростіше.

У формулі (2) швидкість руху автомобіля ϑ є аргументом функції шляхової витрати палива q_n . Отже, за цією формулою шляхову витрату палива автомобіля залежно від швидкості руху автомобіля можна визначити, урахувавши лише годинну витрату палива G_n ДВЗ, яка змінюється залежно від режиму його роботи.

Годинну витрату палива розраховують за такою формулою:

$$G_n = g_e \cdot N_e. \quad (17)$$

Для визначення питомої ефективної витрати палива доцільно використовувати багатопараметрову характеристику ДВЗ [11]. Використання багатопараметрової характеристики надає можливість пов'язати характеристики двигуна з характеристиками автомобіля та визначити режими роботи двигуна, які забезпечують найкращу паливну економічність ДВЗ та автомобіля у цілому.

Залежно від потрібної ефективної потужності двигуна для руху автомобіля, використовуючи багатопараметрову характеристику, можна забезпечити його роботу на режимах мінімальних витрат палива завдяки вибору передавального числа трансмісії автомобіля. Зв'язок показників руху автомобіля та режимів роботи двигуна визначають під час розгляду динаміки автомобіля.

Силу тяги P_k за сталого руху розраховують за такою формулою, Н:

$$P_k = \frac{M_e \cdot u_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (18)$$

де M_e – ефективний момент двигуна, Н·м; r_k – радіус ведучих коліс, м;

u_{mp} – передавальне число трансмісії.

Швидкість руху автомобіля визначається за такою формулою, км/год:

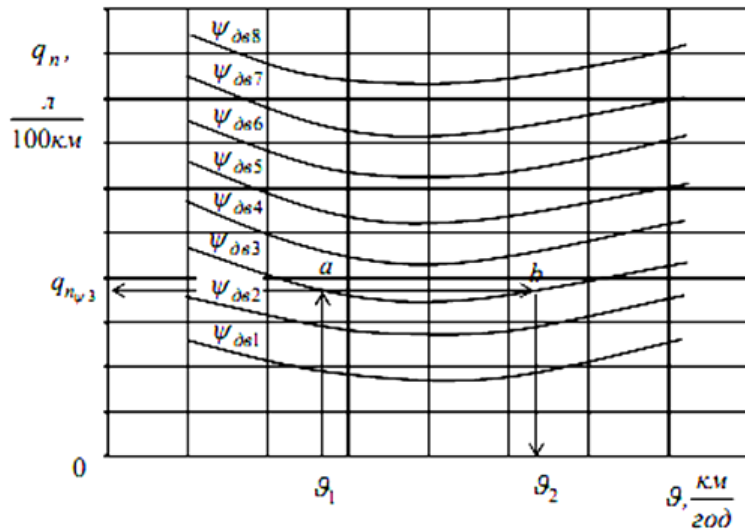
$$\vartheta = 3,6 \frac{\pi \cdot n \cdot r_k}{30 \cdot u_{mp}}, \quad (19)$$

де n – частота обертання вала двигуна, об/хв.

Паливно-економічна характеристика автомобіля, яка побудована з постійним передавальним числом трансмісії (на одній передачі) з різними значеннями приведенного коефіцієнта опору дороги, наведена на рис. 1.

Для визначення витрати палива за заданою швидкістю руху, наприклад ϑ_1 , потрібно провести лінію, перпендикулярну осі, до її перетинання з кривою витрати палива (точка a), яка визначена за приведеним коефіцієнтом опору дороги, наприклад $\psi_{\partial e3}$. Із цієї точки провести горизонтальну лінію до її перетинання з віссю q_n , яка вказує на значення витрати палива.

Особливістю паливно-економічної характеристики автомобіля є наявність ще однієї точки перетинання зазначених ліній (точка b). Отже, автомобіль має однакову витрату палива під час руху як зі швидкістю ϑ_1 , так і зі швидкістю ϑ_1 . У межах $\vartheta_1 < \vartheta_2 < \vartheta_3$ витрата палива зменшується. Це надає можливість задавати на кожній передачі інтервал швидкості руху з мінімальними витратами палива. Вибраний інтервал майже не залежить від опору дороги.



$$\psi_{oe1} < \psi_{oe2} < \psi_{oe3} < \psi_{oe4} < \psi_{oe5} < \psi_{oe6} < \psi_{oe7} < \psi_{oe8}$$

Рис. 1. Паливно-економічна характеристика автомобіля з різними значеннями приведенного коефіцієнта опору дороги на одній передачі ($u_{mp} = Const$)

Використання приведенного коефіцієнта, який враховує не тільки опір кочення та ухил дороги, а ще і ступінь завантаження автомобіля, розширює можливість оцінювання паливної економічності автомобіля під час її побудови як функції витрати палива залежно від швидкості руху автомобіля. Такі характеристики потрібно будувати під час руху на всіх передачах, поєднавши їх в одному графіку, або окремо для кожної передачі.

Паливно-економічну характеристику автомобіля можна поєднати з динамічною характеристикою, тоді вона буде багатопараметровою. Під час побудови такої характеристики за вертикальну вісь потрібно брати різницю сили тяги та опору повітря $P_k - P_n$, тоді опором руху буде лише опір дороги, а лінії сил опору можна брати горизонтальними.

На рис. 2 наведена паливно-економічна характеристика автомобіля, яка побудована на одній передачі.

Якщо вирази $P_k - P_n$ і $P_{\psi} = \psi_{oe} \cdot m_{II} \cdot g$ поділити на повну вагу G_{II} , то отримаємо динамічну характеристику у безрозмірному вигляді:

$$D = \frac{P_k - P_n}{G_{II}} = \psi_{oe} \quad (20)$$

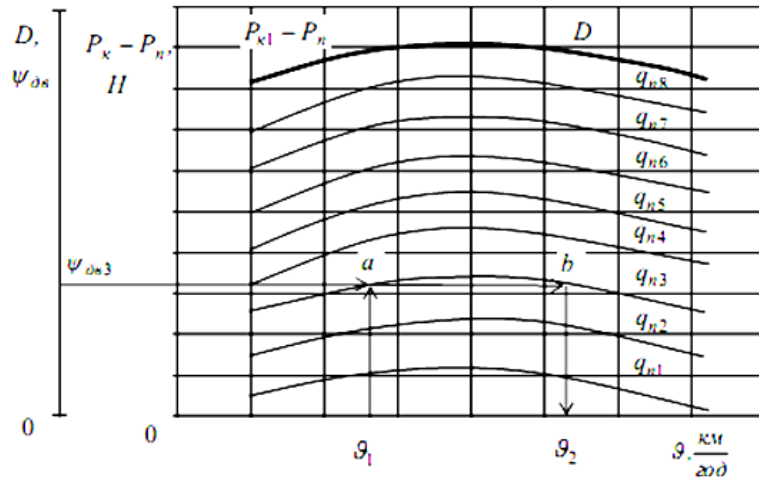
У цьому випадку вісь ординат є динамічним фактором. У масштабі шкали динамічного фактора буде і коефіцієнт ψ_{oe} , що одночасно враховує опір дороги та завантаження автомобіля.

Для визначення витрати палива від заданої координати швидкості руху автомобіля v_1 потрібно провести вертикальну лінію до її перетинання з горизонтальною лінією сили, положення якої відповідає силі опору дороги ψ_3 . Отримана точка перетинання цих ліній (точка *a*) вказує на ізолінію витрати палива автомобілем на цьому режимі руху.

Як і під час використання паливно-економічної характеристики, наведеній на рис. 1, маємо ще одну точку перетинання зазначених ліній (точка *b*), яка відповідає швидкості руху v_2 . Тобто маємо такий самий результат і висновок, як і під час розгляду характеристики, наведеної на рис. 1.

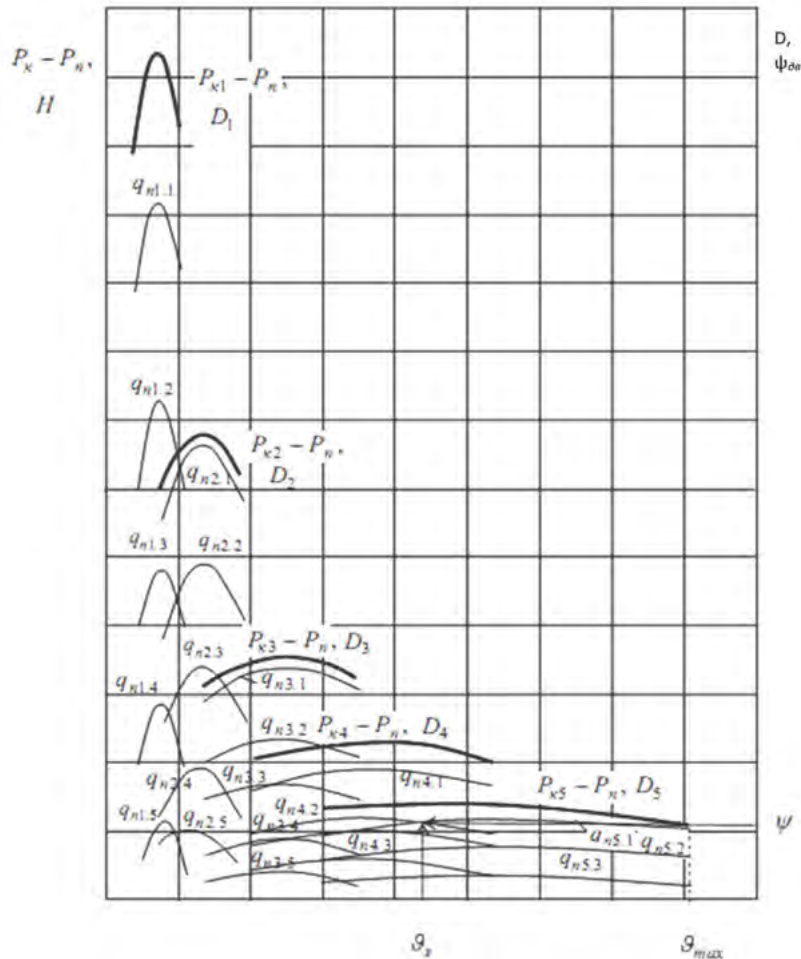
Під час руху автомобіля на різних передачах витрата палива буде різною через те, що режими роботи двигуна різні, тому і різні питомі витрати палива (рис. 3). Але можливі випадки, коли витрата палива на суміжних передачах однакова. Це відбувається, коли співпадають точки перетинання ліній, проведених від заданих швидкості руху та приведенного коефіцієнта опору дороги з точкою перетинання ізоліній однакових витрат палива на суміжних передачах. Наприклад, перетинання ліній, проведених від осей v і ψ_{oe} із заданими значеннями швидкості руху v_3 та приведенного коефіцієнта опору дороги ψ_{oe3} з ізолініями однакових витрат палива $q_{n5.1}$ і $q_{n4.2}$.

Отже у межах однакових можливих режимів руху на суміжних передачах можна вибрати ту передачу, на якій витрата палива менша.



$$q_{n1} < q_{n2} < q_{n3} < q_{n4} < q_{n5} < q_{n6} < q_{n7} < q_{n8}$$

Рис. 2. Паливно-економічна характеристика автомобіля на одній передачі



$$q_{n1.1} > q_{n1.2} > q_{n1.3} > q_{n1.4} > q_{n1.5}; \quad q_{n2.1} > q_{n2.2} > q_{n2.3} > q_{n2.4} > q_{n2.5};$$

$$q_{n3.1} > q_{n3.2} > q_{n3.3} > q_{n3.4} > q_{n3.5}; \quad q_{n4.1} > q_{n4.2} > q_{n4.3} > q_{n4.4} > q_{n4.5}; \quad q_{n5.1} > q_{n5.2} > q_{n5.3};$$

$$q_{n1.3} = q_{n2.2}; \quad q_{n1.4} = q_{n2.3} = q_{n3.1}; \quad q_{n1.5} = q_{n2.4} = q_{n3.2}; \quad q_{n2.5} = q_{n3.3} = q_{n4.1};$$

$$q_{n3.4} = q_{n4.2} = q_{n5.1}; \quad q_{n3.5} = q_{n4.3} = q_{n5.2}.$$

Рис. 3. Паливно-економічна характеристика автомобіля

Цей метод можна використовувати і для визначення екологічних характеристик автомобіля.

Висновки. Проведено аналіз показників паливної економічності автомобіля та визначено, яким повинен бути узагальнювальний питомий показник її оцінювання. Запропоновано оцінювати паливну економічність автомобіля з урахуванням енергетичної спроможності палива до реалізованої енергії автомобілем, тому як показник пропонується брати відношення кількості витраченого палива до виконаної автомобілем транспортної роботи.

Такий параметр надає можливість оцінити досконалість конструкції автомобільного двигуна, конструкції автомобіля та вплив опору дороги, а також дозволяє порівнювати паливну економічність автомобілів різних типів і конструкцій. За цим показником можна розраховувати інші критерії оцінювання паливної економічності автомобіля, зокрема ті, що містять державні стандарти.

Розроблено метод розрахунку, який поєднує паливно-економічну характеристику з динамічною характеристикою автомобіля, за яким питома витрата палива відображається за будь-якого завантаження автомобіля, дорожніх умов і швидкості руху. За цим методом можна визначити режими руху автомобіля з мінімальними витратами палива та у межах однакових можливих режимів руху на суміжних передачах вибрати ту передачу, на якій витрата палива менша.

Визначений показник паливної економічності автомобіля та розроблений метод надає можливість спростити методику нормування витрат палива автомобільним транспортом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник. Київ : Арістей, 2010. 184 с.

2. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті, затверджені Наказом Міністерства транспорту України від 10.02.1998 № 43 (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>. (дата звернення 10.03.2023).

3. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: навчальний посібник. Київ: КВПЦ, 2004. 174 с.

4. ГОСТ 20306-90 «Автотранспортні засоби. Паливна економічність. Методи випробувань».

5. ДСТУ ГОСТ ІСО 3046-1:2004 Двигуни внутрішнього згорання поршневі. Характеристики. Частина 1. Стандартні вихідні умови, оголошені потужність, витрати палива та мастила. Методи випробування. Київ, 2005. 23 с.

6. ДСТУ 3581-97. Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згорання палива.

7. Альтернативне автомобільне паливо. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Альтернативне_автомобільне_паливо. (дата звернення 10.05.2023)

8. Захарчук В. І. Використання альтернативних моторних палив у засобах технологічного транспорту. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. 233 с.

9. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко Ф. Ф. Автомобільні двигуни: підручник. Київ : Арістей, 2004. 476 с.

10. Шапко В. Ф. Теоретичні основи підвищення потужності та зниження витрат палива двигунів внутрішнього згорання. *Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. Наукові праці*. Кременчук : КДУ, 2010. Вип. 1/2010 (60). С. 160–164.

11. Шапко В. Ф., Шапко С. В. Метод розрахунку багатопараметрової характеристики автомобільного двигуна внутрішнього згорання. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ*, 2009. Вип.1/2009 (54). С. 93–95.

FUEL ECONOMY EVALUATION CRITERIA VEHICLE AS AN INDICATOR OF ITS ENERGY EFFICIENCY

Volodymyr Shapko

PhD in Engineering, Professor,

Professor of Automobiles and Tractors Department

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600,
vfshapko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8201-8743

Serhii Chernenko

PhD in Engineering, Associate Professor,

Associate Professor of Automobiles and Tractors Department

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600,
sercher174@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7670-5168

Purpose. To conduct an analysis of car fuel efficiency evaluation indicators, to determine and justify the use of a vehicle fuel economy evaluation criterion, and to develop a method for calculating the fuel economy characteristics of a vehicle, the introduction of which makes it possible to evaluate the fuel economy of any type of car under different loads and road conditions.

Methodology. It is proposed to evaluate the fuel efficiency of the vehicle taking into account the energy capacity of the fuel before the result of its transformation into useful action. Therefore, the ratio of the amount of fuel consumed to the transport work performed by the vehicle is taken as an indicator.

Results. The proposed indicator provides an opportunity to evaluate the perfection of the design of the vehicle engine, the design of the vehicle and the impact of road resistance, and also allows you to compare the fuel efficiency of vehicles of different types and designs. This indicator can be used to calculate other criteria for evaluating the vehicle's fuel economy, in particular those that contain state standards

Originality. The calculation method is combined with the dynamic characteristics of the vehicle, according to which the specific fuel consumption is displayed under any vehicle load, road conditions and speed of movement. This allows you to determine the driving modes of the vehicle with minimum fuel consumption and, within the limits of the same possible driving modes in adjacent gears, to choose the gear with the lowest fuel consumption.

Practical value. The determined indicator of the vehicle's fuel efficiency and the developed method make it possible to evaluate the types and models of cars and simplify the method of rationing fuel consumption by road transport.

Conclusions. It is proposed to evaluate the fuel economy of the vehicle taking into account the energy capacity of the fuel to the energy realized by the vehicle, therefore, as an indicator, it is proposed to take the ratio of the amount of fuel consumed to the transport work performed by the vehicle. This indicator provides an opportunity to evaluate the perfection of the design of the vehicle engine, the design of the vehicle and the effect of road resistance, and also allows you to compare the fuel economy of vehicles of different types and designs. This indicator can be used to calculate other criteria for evaluating the fuel economy of a vehicle, in particular those that contain state standards.

A calculation method has been developed that combines the fuel economy characteristics with the dynamic characteristics of the vehicle, according to which the specific fuel consumption is displayed under any vehicle load, road conditions and speed of movement.

Using this method, it is possible to determine the driving modes of the vehicle with minimum fuel consumption and, within the limits of the same possible driving modes in adjacent gears, choose the gear with the lowest fuel consumption.

Key words: vehicle, engine, fuel, economy, transportation, indicators, characteristics, method.

REFERENCES

1. Soltus A. P. (2010) *Teoriia ekspluatatsiinykh vlastyvostei avtomobilia [Theory of operational properties of a vehicle]*. Kyiv : Aristei [in Ukrainian].
2. Normy vytrat palyva i mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti, zatverdzeni Nakazom Ministerstva transportu Ukrainy vid 10.02.1998 № 43 (zi zminamy). [Norms of consumption of fuel and lubricants in road transport, approved by the Order of the Ministry of Transport of Ukraine dated February 10, 1998 No. 43 (as amended)]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>. [in Ukrainian].
3. Sakhno V. P., Bezborodova H. B., Maiak M. M. & Sharai S. M. (2004) *Avtomobili. Tiahovo-shvydkisni vlastyvosti ta palyvna ekonomichnist [Vehicles. Traction-speed properties and fuel economy]*. Kyiv : KVITs.
4. Avtotransportni zasoby. Palyvna ekonomichnist. Metody vyprobuvan [Motor vehicles. Fuel efficiency. Test methods]. (1990). *HOST 20306-90*. N.p.
5. Dvyhuny vnutrishnoho zghorannia porshnevi. Kharakterystyky. Chastyna 1. Standartni vykhidni umovy, oholo-sheni potuzhnist, vytraty palyva ta mastyla. Metody vyprobuvannia [Piston internal combustion engines. Characteristics. Part 1. Standard initial conditions, declared power, fuel and lubricant consumption. Test methods]. (2004). *DSTU HOST ISO 3046-1*. Kyiv : Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
6. Enerhozberezhennia. Metody vymiriuvannia i rozrakhunku teploty zghoriannia palyva.[Energy saving. Methods of measuring and calculating the heat of fuel combustion]. (1997). *DSTU 3581-97*. N.p.
7. Alternatyvne avtomobilne palyvo. Material z Vikipedii – vilnoi entsyklopedii [Alternative automotive fuel. Material from Wikipedia – the free encyclopedia]. Retrieved from [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Alternatyvne_ avtomobilne_palyvo](https://uk.wikipedia.org/wiki/Alternatyvne_avtomobilne_palyvo) [in Ukrainian].
8. Zakharchuk V. I. (2015) *Vykorystannia alternatyvnykh motornykh palyv u zasobakh tekhnolohichnoho transportu [The use of alternative motor fuels in means of technological transport]*. Lutsk: Lutskiy NTU [in Ukrainian].
9. Abramchuk F. I., Hutarevych Yu. F., Dolhanov K. Ye. & Tymchenko F. F. (2004). *Avtomobilni dvyhuny: pidruchnyk [Automobile engines: textbook]*. Kyiv : Aristei [in Ukrainian].
10. Shapko V. F. (2010) Teoretychni osnovy pidvyshchennia potuzhnosti ta znyzhennia vytrat palyva dvyhuniv vnutrishnoho zghoriannia [Theoretical basis of increasing power and reducing fuel consumption of internal combustion engines]. *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. Naukovi pratsi – Bulletin of Kremenchug State University named after Mykhailo Ostrogradskiyi. Scientific works*, 1/2010 (60), 160–164 [in Ukrainian].
11. Shapko V. F., Shapko S. V. Metod rozrakhunku bahatoparametrovoi kharakterystyky avtomobilnoho dvyhuna vnutrishnoho zghoriannia [The method of calculating the multi-parameter characteristics of an automobile internal combustion engine]. *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu: Naukovi pratsi KDPU – Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University: Scientific Works of the KDPU*, 1/2009 (54), 93–95 [in Ukrainian].

Стаття надійшла 13.04.2023