



УДК 629.113/115.003.13

• © С.П. Пожидаєв, канд. техн. наук, доцент (НУБіП України)

## ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ККД АВТОМОБІЛЯ ПРИ ЙОГО РОЗГОНІ

**Анотація.** Отримано співвідношення для обчислення коефіцієнта корисної дії автомобіля при його розгоні. Значення цього коефіцієнта залежить лише від чотирьох ключових змінних. Це маса автомобіля з вантажем (або тільки маса вантажу), потужність двигуна, час і кінцева швидкість розгону.

**Ключові слова:** кінетична енергія, маса автомобіля, потужність двигуна, розгін автомобіля, цикловий ККД при розгоні.

**Аннотация.** Получено соотношение для вычисления коэффициента полезного действия автомобиля при его разгоне. Значение этого коэффициента зависит всего от четырех ключевых переменных. Это масса автомобиля с грузом (или только масса груза), мощность двигателя, время и конечная скорость разгона.

**Ключевые слова:** кинетическая энергия, масса автомобиля, мощность двигателя, разгон автомобиля, цикловой КПД при разгоне.

**Annotation.** Was obtained by the ratio to calculate the efficiency of the vehicle when it is overlocked. The value of this coefficient depends on only four key variables. This weight with load (or just load weight), engine power, time, and the final rate of acceleration.

**Keywords:** kinetic energy, vehicle weight, engine power, acceleration of the car, cycle efficiency during acceleration.

### Вступ

Розгін автомобіля є важливим і часто виконуваним режимом руху. У роботі [1] побудовано цикловий ККД для оцінки енергетичної ефективності автомобіля у цьому режимі, однак він має певні недоліки. А саме, під час його побудови було прийнято, що робота, витрачена на подолання сили опору дороги, є корисною, але це суперечить фундаментальним положенням класичної механіки, згідно з якою сила опору коченню є дисипативною і призводить до розсіювання енергії у світовому просторі, тобто до її безповоротних втрат. Кінцеві формули для обчислення циклового ККД у згаданій роботі спираються на величини, що можуть варіювати і тому мають суб'єктивний характер, що не може не вплинути на однозначність і надійність отримуваних результатів. При формуванні структури даного ККД автори пішли шляхом детального врахування всіх факторів, які впливають на процес розгону автомобіля. Однак це загрожує небезпекою не помітити найбільш загальні закономірності процесу розгону. Авторами не наведено значення ККД для конкретних автомобілів, залишилося відкритим питання про взаємозв'язок згаданих значень із часом розгону автомобілів до заданої швидкості, а також про те, яким чином можна експериментально перевірити результати розрахунків.

*Метою статті* є побудова більш досконалого циклового ККД автомобіля при його розгоні, вільного від вказаних вище недоліків.

### Основна частина

Умовимось, що двигун автомобіля у процесі розгону весь час розвиває деяку одну і ту ж ефективну потужність  $N_e = \text{const}$ , кВт. За такої умови за час розгону  $t$ , с, двигун повинен виконати загальну механічну роботу  $A_{\text{заг}}$ , Дж:

$$A_{\text{заг}} = N_e \cdot t \cdot 10^3. \quad (1)$$

Деяка частина цієї роботи буде витрачена на подолання шкідливих опорів, а решта – на корисну роботу  $A_{\text{кор}}$ , під якою відповідно до [2] будемо розуміти прирощення кінетичної енергії поступального руху  $\Delta T_6$ , Дж:

$$\Delta T_6 = \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

де  $m$  – повна маса автомобіля (з вантажем), кг;  $v$  – кінцева швидкість розгону, м/с.

Розділивши (2) на (1), отримуємо шуканий енергетичний цикловий ККД автомобіля:

$$\eta_{\text{ц.р}} = \frac{mv^2 \cdot 10^{-3}}{2N_e t}. \quad (3)$$

Він враховує негативний вплив абсолютно всіх факторів, що впливають на формування корисної кінетичної енергії  $\Delta T_6$  з потенційно можливої загальної роботи двигуна  $A_{\text{заг}}$ : це залежність ефективної потужності від швидкісного режиму двигуна, що змінюється у процесі розгону автомобіля, погіршення якості робочих процесів двигуна у перехідних режимах; припинення передачі енергії від двигуна у моменти перемикання передачі; розсіювання енергії при пробуксовуванні коліс та елементів трансмісії (зчеплення чи гідротрансформатора), втрати енергії на подолання сил тертя у трансмісії, сил опору коченню і повітря, моментів опору розгону мас, що обертаються.

Співвідношення (3) надає таку інформацію:

- для визначення циклового ККД автомобіля  $\eta_{\text{ц.р}}$  необхідні й достатні значення лише чотирьох ключових (домінантних) незалежних змінних –  $t$ ,  $v$ ,  $N_e$  і  $m$ ;

- час розгону сучасних автомобілів наводиться у відповідних каталогах, внаслідок чого вся база даних за часом розгону за допомогою співвідношення (3) елементарно конвертується у базу даних циклового ККД автомобілів при їх розгоні;



• значення  $\eta_{ц.р.}$ , обчислене за допомогою співвідношення (3), є досить точним, бо воно спирається на значення лише чотирьох об'єктивних величин, кожна з яких можна визначити з будь-якою наперед заданою точністю;

• при відомому значенні  $\eta_{ц.р.}$  співвідношення (3) дає змогу визначити час розгону автомобіля, що відповідає будь-яким варіаціям значень трьох інших ключових змінних:

$$t = \frac{mv^2 10^{-3}}{2N_e \eta_{ц.р.}}; \quad (4)$$

• експериментальна перевірка значення  $\eta_{ц.р.}$  гранично проста та надійна – вона зводиться до порівняння теоретичного (4) й експериментально отриманого значення часу розгону;

• співвідношення (4) є теоретичним обґрунтуванням тієї закономірності, що час розгону автомобіля є прямо пропорційною функцією від його питомої маси  $m' = m/N_e$ . Це дає змогу відмовитися від прийнятого нині складнішого уявлення про час розгону як гіперболічну функцію від питомої потужності автомобіля [3, с. 150];

• аналогічно співвідношенню (4) можна обчислювати значення і будь-якої іншої ключової змінної за умови, що значення трьох інших змінних і циклового ККД задані. Це, наприклад, дає змогу визначити ефективну потужність двигуна, мінімально необхідну для забезпечення розгону автомобіля протягом заданого часу:

$$N_{e.min} = \frac{mv^2 10^{-3}}{2t \eta_{ц.р.}}, \quad (5)$$

або масу (повну  $m$  або питому  $m'$ ), максимально допустиму з того ж погляду:

$$m_{max} = \frac{2N_e t \eta_{ц.р.} 10^3}{v^2} \text{ або } m'_{max} = \frac{m}{N_e} = \frac{2t \eta_{ц.р.} 10^3}{v^2}; \quad (6)$$

• співвідношення (5) дає змогу в умовах будь-якого автотранспортного підприємства проводити експрес-оцінку фактичної потужності двигунів автомобілів, значення циклового ККД яких відоме.

Для прикладу скористаємось даними автомобіля КамАЗ-5320, наведеними у роботі [4]:  $m = 15,3 \cdot 10^3$  кг,  $N_e = 154$  кВт,  $v = 16,67$  м/с (60 км/год),  $t = 30,5$  с. Підстанова їх у співвідношення (3) приводить до значення  $\eta_{ц.р.} = 0,453$ . Тобто у кінетичну енергію автомобіля з вантажем перетворюється 45,3 % механічної роботи двигуна, яку він теоретично здатен виконати у процесі розгону. Розрахунок, виконаний для автомобіля ВАЗ-2106<sup>1</sup> [5, с. 28], приводить до значення  $\eta_{ц.р.} = 0,490$ , а для ВАЗ-21093 [6, с.38] – 0,617.

Даний ККД спирається на кінетичну енергію автомобіля з вантажем, тобто він є ККД бруто. Та кінцевим показником енергетичної ефективності транспортного процесу є ККД нетто, обчислений на підставі кінетичної енергії тільки вантажу (енергії нетто):

<sup>1</sup>Маса легкових автомобілів приймалася рівній спорядженій масі плюс маса водія і одного пасажера по 75 кг кожен.

$$\Delta T_H = \frac{m_{вант} v^2}{2}, \quad (7)$$

де маса вантажу  $m_{вант}$  дорівнює деякій частині повної маси автомобіля  $m$ :

$$m_{вант} = m \cdot k_b, \quad (8)$$

где  $k_b$  – коефіцієнт вантажопідйомності автомобіля.

Із врахуванням співвідношень (2) і (8) кінетична енергія нетто (7) дорівнює:

$$\Delta T_H = \Delta T_б \cdot k_b, \quad (9)$$

внаслідок чого цикловий ККД нетто дорівнює:

$$\eta_{ц.р.}^H = \eta_{ц.р.} \cdot k_b. \quad (10)$$

Вантажопідйомність автомобіля КамАЗ-5320 дорівнює  $8,0 \cdot 10^3$  кг, що відповідає коефіцієнту вантажопідйомності 0,523 і приводить до значення  $\eta_{ц.р.}$  рівному 0,237.

Значення циклових ККД можна помножити ще й на ефективний ККД двигуна  $\eta_e$ , що приведе до отримання значень паливно-механічного ККД автомобіля у процесі розгону – теж бруто та нетто. Наприклад, прийнявши  $\eta_e = 0,35$ , отримуємо паливно-механічний ККД нетто, рівний 0,083. До такого ж результату повинна привести і підстановка в знаменник співвідношення (3) кількості теплової енергії палива, витраченого у процесі розгону автомобіля.

### Висновки

Отримано співвідношення для оцінки енергетичного циклового ККД автомобіля під час його розгону. Значення цього ККД залежить лише від чотирьох ключових змінних – маси автомобіля, потужності його двигуна, часу і кінцевої швидкості розгону. Встановлено, що час розгону автомобіля є прямопропорційною функцією від його питомої маси.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Подригало М.А., Подригало Н.М., Файст В.Л. Мощность двигателя и КПД автомобиля при разгоне // Автомобильная промышленность. – 2008. – №8. – С. 12-16.
2. Коптилов В.И. Расход топлива на разгон АТС // Автомобильная промышленность. – 2009. – №3. – С. 28-30.
3. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
4. Пожидаев С.П. Экспресс-оценка динамических свойств автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 9. – С. 9-10.
5. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. – М.: Транспорт, 1983. – 220 с.
6. Вершигора В.А., Игнатов А.П., Новокшенов К.В. и др. Переднеприводные автомобили ВАЗ. – М.: ДОСААФ, 1989. – 336 с.