

УДК 629.113

Пожидаєв С., канд. техн. наук (НУБіП України)

Про корисну механічну роботу та енергетичний ККД автомобіля (2 частина)

Встановлено справедливість застосування приросту повної енергії автомобіля як міри виконаної ним корисної механічної роботи. Це дасть можливість однозначної кількісної оцінки енергетичної ефективності автомобілів.

Ключові слова: корисна механічна робота, автомобіль, енергетичний ККД.

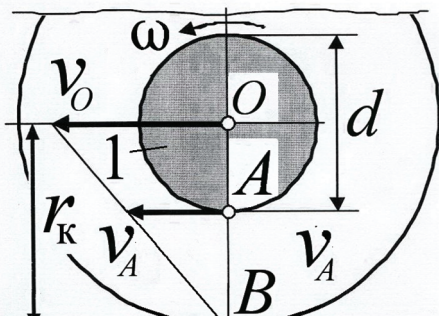


Рис. 1 – Приклад можливої функціональної залежності повної енергії E транспортного засобу від шляху S

Приклад можливої функціональної залежності повної енергії E транспортного засобу (ТЗ) від шляху S представлений на рис. 1.

Початковою точкою маршруту є т. А. На відрізку 1 (жирна лінія) функціональної залежності $E = f(S)$ повна енергія E прирощується на деяку величину $\Delta_1 E$. Після деякого її зменшення, що настає після закінчення відрізка 1, повна енергія збільшується на відрізку 2. Потім незначний час вона утримується на постійному рівні – в цей час може відбуватися рівномірний рух ТЗ по горизонтальній поверхні або обмін між кінетичною і потенційною енергіями. У точці В транспортний засіб робить проміжну зупинку. Повна енергія E збільшується також на відрізках 3 і 4. Точка С маршруту є кінцевою. Оскільки в точках А, В і С шляху ТЗ нерухомий, то в них він має тільки потенційну енергію, обумовлену географічною висотою цих точок.

Сума всіх збільшень $\Delta_i E$ повної енергії на відрізках 1-4 характеризує загальні енергетичні витрати ІТЗ на цьому маршруті:

$$v_O = \omega \cdot r_k \quad (1)$$

де n – кількість відрізків шляху, на яких відбувається збільшення повної енергії E , в них допускаються ділянки з незмінним рівнем повної енергії – див. відрізок 1 рисунка.

Приріст повної енергії E на кожній окремій i -ій ділянці визначається за виразом:

$$\Delta E_i = m \cdot (H_{ki} - H_{ni}) \quad (2)$$

де H_{ki} і H_{ni} – географічна висота відповідно кінцевої і

початкової точок i -го відрізка, м; v_{ki}^2 і v_{ni}^2 – швидкість руху ІТЗ відповідно в кінцевій і початковій точках i -го відрізка, м/с.

Підставивши співвідношення (1) і (2) в рівність (2) роботи [1], отримуємо об'єктивну відповідь на запитання про те, що ж є корисною механічною роботою автомобіля $A_{кор}$:

(3)

Отже, цією роботою є сума прирощень повної енергії автомобіля в його поступальному русі. Відповідно до цього загальноприйняте співвідношення для обчислення енергетичного ККД набирає вигляду:

(4)

Визначення складових загальних енергетичних витрат $A_{зар}$ не є проблемою. Це може бути кількість енергії, отриманої від повного згоряння палива на маршруті, в цьому випадку формула (4) буде надавати значення паливно-механічного ККД автомобіля на маршруті (нетто або брутто – залежно від прийнятої у співвідношенні (4) маси m). Це може бути й інтеграл за часом від фактичної ефективної потужності двигуна під час руху автомобіля на маршруті, в цьому випадку буде отримано значення механічного ККД (теж нетто або брутто).

Оскільки загальні витрати енергії реальних автомобілів $A_{зар}$ залежать від довжини маршруту, то порівняльну оцінку їх енергетичної ефективності слід проводити на деякій фіксованій довжині шляху, що дорівнює, наприклад, 1000 м [2] або прийнятої в стандартних їздових циклах. При цьому можуть бути враховані всі конкретні особливості організації транспортного процесу чи дорожнього руху.

Співвідношення (4) витримує перевірку на граничні умови:

- у автомобіля, який буксує на місці, відсутні зміни потенційної і кінетичної (в поступальному русі) енергій. Це призводить до нульових значень чисельника і всього співвідношення (4), що відповідає фізичному змісту енергетичного ККД у класичній механіці;
- у гіпотетичного ідеального ТЗ вся механічна робо-

Продовження статті "Про корисну механічну роботу та енергетичний ККД автомобіля"

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ АПК № 6 (81) червень 2016 р.

© Пожидаєв С., 2016

та $A_{зар}$, виконана двигуном, перетворюється в кінетичну і/або потенційну енергію. Внаслідок цього значення чисельника і знаменника співвідношення (4) будуть однакові, що призводить до значення $\eta = 1,0$, яке також відповідає фізичному змісту енергетичного ККД.

Реальні автомобілі будуть мати якісь проміжні значення енергетичного ККД.

Співвідношення (4) співзвучне деяким положенням раніше опублікованих робіт Е.І. Наркевича і О.О. Токарева [2-4], у яких в загальному вигляді пропонувались аналогічні підходи, але без достатніх обґрунтувань. Ці роботи піддавалися критичним зауваженням опонентів і були відкинуті ними, внаслідок чого слід ознайомитися і з цими зауваженнями.

О.О. Токарев стверджував, що цей ККД не можна вважати енергетичним ККД автомобіля, бо останній повинен існувати у всіх фазах руху автомобіля, а цей ККД існує тільки у фазі розгону, оскільки під час рівномірного руху його значення дорівнює нулю [2]. Дійсно, з формальної точки зору поняття енергетичного ККД може застосовуватись до кожної окремої фази руху ТЗ. Але як засіб, одночасно необхідний і достатній для судження про енергетичну ефективність автомобіля, він має сенс тільки стосовно до всього циклу руху ТЗ у цілому – від початкової точки маршруту до кінцевої. Ситуація аналогічна роботі двигуна внутрішнього згоряння: його ККД теж можна обчислювати для кожного з робочих процесів окремо, але тільки в процесі розширення він більший нуля. Але, якщо керуватися здоровим глуздом, а не прагненням множити псевдонаукові дослідження, то слід обчислювати ККД робочого циклу двигуна в цілому.

Опоненти [5] задавали Е.І. Наркевичу [4] риторичне запитання: чому з його підходу випливає, що автомобіль, який перевозить вантаж по горизонтальній дорозі з усталеною швидкістю, не виконує корисної роботи? Відповідь проста: автомобіль усю корисну механічну роботу виконав під час розгону, а при подальшому рівномірному русі його механічна робота витрачається тільки на подолання дисипативних сил опору – кочення, повітря і сил тертя в трансмісії. Ця робота не є необхідною для виконання транспортного процесу. Її усунення тільки зменшить марне розсіювання енергії в світовому просторі і поліпшить експлуатаційні показники роботи автомобіля. Тому ставлення до неї як до корисної роботи є помилкою. У цьому сенсі автомобіль нічим не відрізняється від космічного корабля, який переміщується по орбіті. Транспортну роботу (вимірювану в т·км) він виконує, а механічну (вимірювану у Дж) – не виконує. Вона була виконана раніше, у фазі виходу на орбіту, подальший рух по якій здійснюється за рахунок накопичених раніше кінетичної і потенційної енергій. Цей приклад демонструє вражаючу аналогічність принципу роботи всіх пристроїв для переміщення вантажів у просторі – від дитячої рогатки до автомобіля або космічного корабля.

В.І. Копотілов вважає, що пропозиції, викладені в роботах [2, 3], надумані, складені інтуїтивно і не мають не тільки ніякого теоретичного обґрунтування, а й ясного фізичного змісту [6]. Однак інтуїтивний підхід і відсутність належного теоретичного обґрунтування ще не є свідченням хибності одержуваних при цьому результатів. Як впливає з цієї роботи, саме результа-

ти Е.І. Наркевича і О.О. Токарева, а не В.І. Копотілова, виявилися в принципі правильними. Що стосується показника ефективності, запропонованого в їх роботах, то він спирається на правильно витлумачене поняття корисної механічної роботи, внаслідок чого має абсолютно ясний фізичний зміст, який повністю відповідає змістові загальноприйнятого енергетичного ККД [7].

Висновки. Встановлено справедливості запропонованого раніше в роботах Е.І. Наркевича і О.О. Токарева застосування приращення повної енергії автомобіля як міри виконаної ним корисної механічної роботи. Тільки це забезпечить можливість отримання однозначної кількісної оцінки енергетичної ефективності автомобілів, що відповідає загальноприйнятому змісту енергетичного ККД технічних пристроїв.

Насамкінець слід зауважити і таке. Кінцевою метою транспортного процесу є виконання транспортної, а не механічної роботи. Внаслідок цього у разі виконання однієї і тієї ж транспортної роботи значення корисної механічної роботи теж можна і бажано мінімізувати.

Список літератури

1. Пожидаєв С.П. Про корисну роботу і енергетичний ККД автомобіля // Техніка і техно-логія АПК. – 2016. – № 5. – С. 17-19.
2. Наркевич Э.И., Токарев А.А. К оценке эффективности использования энергии автомобилем // Автомобильная промышленность. – 1978. – № 5. – С. 16-17.
3. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
4. Наркевич Э.И. Определение среднего КПД автомобиля на маршруте // Автомобильная промышленность. – 1998. – №10. – С. 20-23.
5. Карабцев В.С., Валеев Д.Х. О КПД и коэффициенте эффективности транспортного средства // Автомобильная промышленность. – 2002. – №10. С. 16-19.
6. Копотилов В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля // Автомобильная промышленность. – 2012. – №7. С. 15-18.
7. Политехнический словарь. – М. Советская энциклопедия, 1976. – 608 с.

Аннотация. Установлена справедливость применения приращения полной энергии автомобиля как меры выполненной им полезной механической работы. Это даст возможность однозначной количественной оценки энергетической эффективности автомобилей.

Summary. Installed justice of application pryraschenyya polnoy energy car How Measures yepolnennoy th poleznoy mehanycheskoy work. This will give odnoznachnoy Ability kolychestvennoy otsenki of the effectiveness enerhetycheskoy cars.

Стаття надійшла до редакції 14 квітня 2016 р.