



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

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЦИКЛОВОГО ККД АВТОМОБІЛІВ ПРИ РОЗГОНІ

Анотація. Встановлено, що середнє арифметичне значення циклового ККД бруто при розгоні вантажних автомобілів МАЗ і КамАЗ дорівнює відповідно 0,390 і 0,438, а при розгоні легкових автомобілів Mercedes-Benz, Lada, Alfa Romeo і BMW X1 – відповідно 0,589, 0,594, 0,629 і 0,645 відповідно. Високу статистичну стійкість даного показника демонструють автомобілі BMW X1 і Lada, достатню – МАЗ, КамАЗ і Alfa Romeo, задовільну – Mercedes-Benz: коефіцієнт варіації значень їх енергетичного ККД дорівнює відповідно 3,4 і 4,1 %, 5,6, 6, 9 і 9,4 %, і 13,6 %.

Ключові слова: розгін автомобіля, цикловий ККД при розгоні, статистична стійкість.

Аннотация. Установлено, что среднее арифметическое значение циклового КПД бруто при разгоне грузовых автомобилей МАЗ и КамАЗ равно соответственно 0,390 и 0,438, а при разгоне легковых автомобилей Mercedes-Benz, Lada, Alfa Romeo и BMW X1 – соответственно 0,589, 0,594, 0,629 и 0,645 соответственно. Высокую статистическую устойчивость данного показателя демонстрируют автомобили BMW X1 и Lada, достаточную – МАЗ, КамАЗ и Alfa Romeo, удовлетворительную – Mercedes-Benz: коэффициент вариации значений их энергетического КПД равен соответственно 3,4 и 4,1 %, 5,6, 6,9 и 9,4 %, и 13,6 %.

Ключевые слова: разгон автомобиля, цикловой КПД при разгоне, статистическая устойчивость.

Annotation. It was established that the arithmetic mean of the cycle gross efficiency during acceleration MAZ and KamAZ vehicle equals 0.390 and 0.438, respectively, and when overclocked cars Mercedes-Benz, Lada, Alfa Romeo and BMW X1 – 0.589, 0.594, 0.629 and 0.645, respectively. High statistical stability of this indicator show cars BMW X1 and Lada, sufficient – MAZ, KAMAZ and Alfa Romeo, satisfactory – Mercedes-Benz: the coefficient of variation values of their energy efficiency is equal to, respectively, 3.4 and 4.1 %, 5.6, 6, 9 and 9.4 %, and 13.6 %.

Key words: acceleration of the car, cycle efficiency during acceleration, the statistical stability.

Вступ

У роботі [1] побудовано енергетичний цикловий ККД бруто автомобіля при його розгоні, в основу якого (ККД) покладено прирощення кінетичної енергії автомобіля як міри корисної механічної роботи, яку він виконує.

Метою роботи є визначення статистичних характеристик даного ККД у різних моделях легкових і вантажних автомобілів.

Основна частина

Було проведено обчислення і статистичний аналіз значень енергетичного циклового ККД бруто при розгоні низки моделей деяких марок вантажних і легкових автомобілів. Значення коефіцієнта варіації окремих значень циклового ККД брались як критерій статистичної стійкості даного ККД. При значеннях цього коефіцієнта, що не перевершують 5 %, статистична стійкість вважалася високою; при значеннях, які перевищують 5 %, але менші за 10 % – достатньою; при значеннях, що перевищують 10 %, але менші за 15 % – задовільною. Крім того, аналізувався і ступінь лінійного кореляційного зв'язку значень циклового ККД зі значеннями маси автомобіля

m , потужності його двигуна N_e і питомої маси $m' = m/N_e$. При виявленні істотної кореляції проводився регресійний аналіз із побудовою лінійного рівняння регресії. Всі статистичні процедури виконувалися згідно з рекомендаціями роботи [2], табличні значення статистичних критеріїв брались на рівні значущості 5 %.

Спираючись на дані роботи [3] було обчислено значення циклового ККД бруто у процесі розгону до 60 км/год 11-ти моделей автомобілів КамАЗ:

$$\eta_{ц.р} = \frac{mv^2 10^{-3}}{2N_e t}, \quad (1)$$

де m – повна маса автомобіля (з вантажем), кг; v – кінцева швидкість розгону, рівна 16,67 м/с (60 км/год); N_e – потужність двигуна, кВт; t – час розгону, с.

Отримані значення циклового ККД не мають істотного лінійного кореляційного зв'язку зі значеннями маси автомобілів або потужності їх двигунів. А саме, відповідні коефіцієнти кореляції дорівнюють мінус 0,51 і плюс 0,05 при оціночному значенні t -критерію першого коефіцієнта, рівному 1,77, у той час як двостороннє критичне табличне значення дорівнює 2,26 [2, С. 130, 391].



Та кореляція зі значеннями питомої маси автомобілів істотна: коефіцієнт кореляції дорівнює мінус 0,785, оціночне значення t -критерію дорівнює 3,80 при критичному табличному 2,26. Однак коефіцієнт регресії циклового ККД на питому масу дуже малий (0,00063), внаслідок чого збільшення питомої маси від 80 до 200 кг/кВт слабо впливає на математичне очікування їх циклового ККД, зменшуючи його від 0,48 до 0,40 (рис. 1).

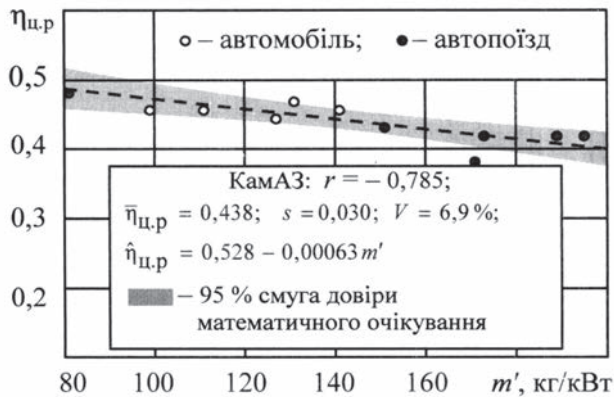


Рис. 1. Взаємозв'язок циклового ККД і питомої маси m' автомобілів КамАЗ

Коефіцієнт варіації V окремих значень циклового ККД у різних моделях автомобілів дорівнює 6,9 %. Це свідчить про достатню статистичну стійкість ККД, що дає право застосовувати для автомобілів КамАЗ одне і те ж його значення, рівне середньому арифметичному $\eta_{ц.р} = 0,438$.

Значення циклового ККД шести моделей сидельних тягачів МАЗ, обчислені за даними роботи [4, С. 181], не мають істотного лінійного кореляційного зв'язку зі значеннями маси автомобілів, потужності їх двигунів або питомої маси (рис. 2). Відповідні коефіцієнти кореляції дорівнюють плюс 0,15, мінус 0,11 і плюс 0,58, оціночне значення t -критерію в останньому випадку дорівнює 1,43 при критичному 2,78. Коефіцієнт варіації окремих значень циклового ККД дорівнює 5,6 %, що свідчить про його достатню статистичну стійкість і у автомобілів МАЗ. При розрахунках можна використовувати його середнє арифметичне значення, рівне 0,390.

На рис. 3 представлено взаємозв'язок циклового ККД при розгоні 18-ти сучасних передньопривідних автомобілів Lada (РФ) зі значеннями їх питомої маси, отриманий у результаті обробки даних, наведених у роботі [5, С.207]. Кореляція значень циклового ККД зі значеннями маси автомобіля, потужності двигуна і питомої маси несуттєва – значення коефіцієнтів кореляції дорівнюють мінус 0,30, мінус 0,43 і плюс 0,23.

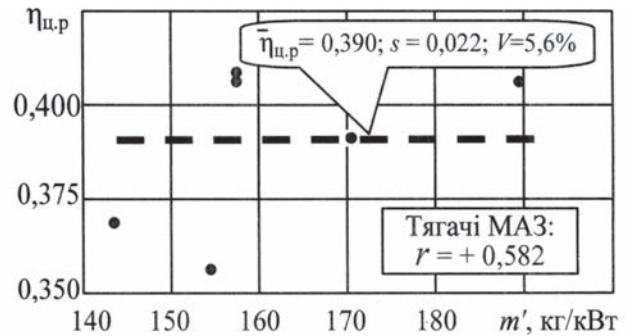


Рис. 2. Взаємозв'язок циклового ККД і питомої маси m' тягачів МАЗ

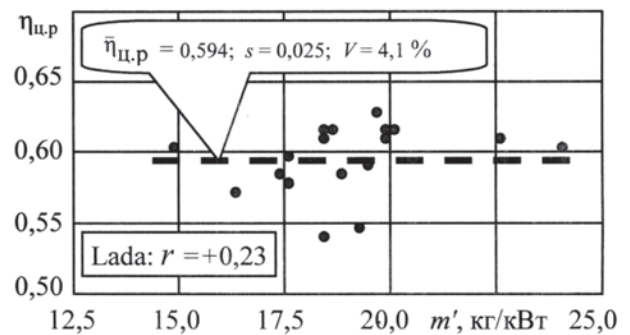


Рис. 3. Взаємозв'язок циклового ККД і питомої маси m' передньопривідних автомобілів Lada

Всі значення циклового ККД перебувають у порівняно вузькому інтервалі значень – від 0,54 до 0,63, їхній коефіцієнт варіації дуже малий (4,1 %), що свідчить про високу статистичну стійкість цього ККД у даних автомобілів. При розрахунках варто використовувати середнє значення циклового ККД, рівне 0,594.

У 17-ти моделях задньопривідних легкових автомобілів Mercedes-Benz (ФРН, [5, С. 209]), лінійна кореляція циклового ККД з масою автомобіля і потужністю двигуна несуттєва – значення відповідних коефіцієнтів кореляції дорівнюють плюс 0,36 і плюс 0,31. Та зі значенням питомої маси вона істотна. Коефіцієнт кореляції дорівнює плюс 0,948 при оціночному значенні t -критерію, рівному 11,6 проти критичного 2,13, причому регресія помітно впливає на значення циклового ККД, математичне очікування якого змінюється від 0,47 до 0,75 (рис. 4).

У одинадцяти моделях повнопривідних автомобілів BMW X1 (ФРН, [5, С. 197]) кореляція значень циклового ККД зі значеннями маси автомобіля, потужності двигуна і питомої маси несуттєва – значення коефіцієнтів кореляції не перевищують 0,396.

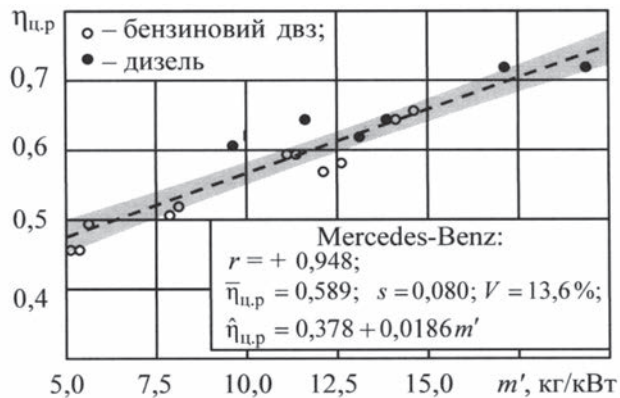


Рис. 4. Взаємозв'язок циклового ККД і питомої маси m' задньоприводних легкових автомобілів Mercedes-Benz

Всі значення циклового ККД перебувають у числовому інтервалі від 0,60 до 0,67, їх середнє арифметичне дорівнює 0,645 при середньому квадратичному відхиленні індивідуальних значень 0,022 і коефіцієнті варіації 3,4 %. Це свідчить про високу статистичну стійкість значень циклового ККД при розгоні автомобілів BMW X1.

На рис. 5 представлено взаємозв'язок циклового ККД при розгоні 14-ти моделей передньоприводних легкових автомобілів Alfa Romeo (Італія), отриманий у результаті обробки даних роботи [5, С.194]. Кореляція циклового ККД зі значеннями маси автомобіля несуттєва, коефіцієнт кореляції дорівнює мінус 0,07. Та кореляція зі значеннями потужності двигуна та питомої маси істотна, коефіцієнт кореляції дорівнює відповідно мінус 0,780 і плюс 0,786, оціночні значення t -критерію перевищують 4,40 при критичному 2,18. Однак регресія значень циклового ККД на питому масу не надто істотна, при збільшенні останньої від 9 до 25 кг/кВт математичне очікування циклового ККД зростає від 0,56 до 0,72.

Середнє арифметичне значення даного ККД дорівнює 0,629, коефіцієнт варіації окремих значень ККД дорівнює 9,4 %, що дає право вважати його статистичну стійкість достатньою.

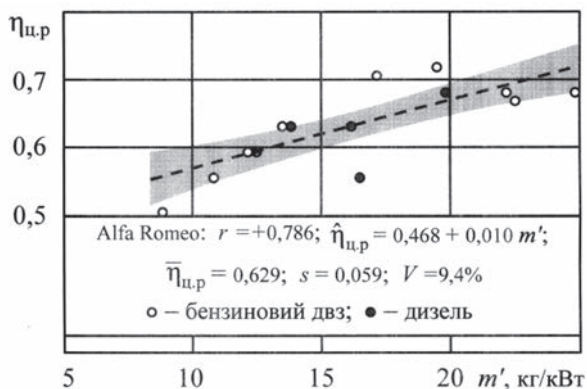


Рис. 5. Взаємозв'язок циклового ККД і питомої маси m' передньоприводних автомобілів Alfa Romeo

Що стосується індивідуальних максимальних значень циклового ККД, то серед обстежених автомобілів найбільшими вони є у Mercedes-Benz (0,719) і Alfa Romeo (0,709), далі йдуть BMW X1 (0,671) і Lada (0,629).

Насамкінець варто розглянути ще такий факт. У роботі [6] повідомляється, що час розгону (до 60 км/год) автопоїзда на базі автомобіля Scania R164LA480 дорівнює 20,0 с. Маса автопоїзда дорівнює $40,0 \cdot 10^3$ кг, потужність двигуна 480 к.с., тобто 353 кВт. Підстановка цих значень у співвідношення (1) приводить до циклового ККД, рівного 0,787, що більше, ніж середні та навіть максимальні значення ККД обстежених нами вантажних і легкових автомобілів. Це свідчить про недостовірність даних автомобіля Scania: малоймовірно, щоб він мав такий високий енергетичний ККД. Навіть якщо прийняти його ККД рівним середньому значенню циклового ККД автомобілів Mercedes-Benz (0,589), то час розгону, обчислений відповідно до співвідношенням (1), складе 26,7 с.

Висновки

Встановлено, що у сідельних тягачів МАЗ середнє арифметичне значення енергетичного циклового ККД бруто при розгоні дорівнює 0,390, а коефіцієнт варіації окремих значень – 5,6 %; у автомобілів і автопоїздів КамАЗ дані значення рівні відповідно 0,438 і 6,9 %. У легкових автомобілів Mercedes-Benz, Lada, Alfa Romeo і BMW X1 середні арифметичні значення ККД дорівнюють відповідно 0,589, 0,594, 0,629 і 0,645.

Високу статистичну стійкість даного показника демонструють автомобілі BMW X1 і Lada, достатню – МАЗ, КамАЗ і Alfa Romeo, задовільну – Mercedes-Benz: коефіцієнт варіації значень їх ККД дорівнює відповідно 3,4 і 4,1 %, 5,6, 6,9 і 9,4 %, і 13,6 %. Середнє значення циклового ККД дорівнює 0,589, коефіцієнт варіації індивідуальних значень – 13,6%, що дає право вважати статистичну стійкість даного ККД задовільною.

Це дає право при проведенні розрахунків застосовувати для всіх моделей кожної зі згаданих вище марок автомобілів одне і те ж значення (середнє арифметичне для кожної марки) енергетичного циклового ККД бруто при розгоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожидаєв С.П. Оцінка енергетичного ККД автомобіля при розгоні // Автошляховик України. – 2015. – № 4.
2. Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
3. Пожидаєв С.П. Экспресс-оценка динамических свойств автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 9. – С. 9-10.
4. Проскурин А.И. Теория автомобиля. Примеры и задачи. Ростов на Дону: Феникс, 2006. – 200 с.
5. Автомобили мира. – М.: Третий Рим, 2013. – 224 с.
6. Карабцев В.С., Валеєв Д.Х. Расчётная оценка динамических характеристик грузовых АТС // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 2. – С. 7-9.