

**Горбик Ю.В.**

Харківський національний  
автомобільно-дорожній  
університет,  
м. Харків, Україна  
E-mail: yuragorbik@gmail.com

**ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ  
ЗА ІНДИКАТОРНОЮ ВИТРАТОЮ  
ПАЛИВА В АГРЕГАТАХ**

УДК 629.113+656.13+621.391

*У роботі пропонується алгоритм діагностування технічного стану агрегатів автомобіля за зміною індикаторної витрати палива в % і в л / 100 км, яка витрачається на механічну роботу в двигуні, трансмісії, в підвісці і на транспортну роботу.*

***Ключові слова:** витрата палива, ККД автомобіля, діагностика автомобілів, умови експлуатації, енергетичний баланс, втрати енергії, алгоритм діагностування.*

**Аналіз досліджень і публікацій.** Розвиток автомобільної техніки в напрямку випуску автомобілів, підвищення їх якості, надійності і довговічності одночасно вимагає і застосування нових методів і алгоритмів діагностування.

В процесі роботи автомобіля з 100% енергії палива приблизно 33% витрачається на випуск і 35% - на охолодження. З 32% решти палива близько 10% витрачається на насосні і механічні втрати в двигуні, стільки ж на втрати в трансмісії. Частина енергії палива втрачається в колесах і підвісці автомобіля. Загальний ККД автомобіля (ГАЗ 31029) при середніх умовах експлуатації дорівнює приблизно 0.062 ... 0.065. [1]

Зміна технічного стану вузлів і систем автомобіля призводить до підвищених втрат енергії, що в підсумку збільшує витрату палива і знижує потужність автомобіля. Якщо проводити контроль втрати енергії в кожному агрегаті автомобіля, то по витраті палива можна діагностувати не тільки загальний стан автомобіля, але і локалізувати несправність по агрегатам.

Основні принципи оцінки паливної економічності і нормування витрат палива закладені в роботі [1], де з позиції системотехніки і енергетичного підходу розглянуті конструктивні і експлуатаційні параметри ефективності роботи транспортних засобів

В роботі [2] наведено методику оцінки технічного стану автомобіля зі зміни ККД автомобіля в цілому і ККД складових агрегатів (двигуна, трансмісії, підвіски і коліс). Наведено залежності розрахунку ККД автомобіля і агрегатів на дорозі і при стендових випробуваннях на бігових барабанах.

В роботі [3] наведена методика розрахунку витрати палива, заснована на визначенні 4-х коефіцієнтів корисної дії: індикаторного і механічного ККД двигуна, ККД трансмісії і колісного механізму (колеса і підвіски).

В роботі [4] пропонується використовувати новий метод розрахунку витрати палива в процесі діагностування на стенді з біговими барабанами, а в роботі [5] наведено метод діагностування з індикаторної витрати палива в окремих агрегатах автомобіля.

**Постановка проблеми.** Метою роботи є подальше вдосконалення методики та розробка алгоритму діагностування технічного стану автомобіля зі зміни індикаторної витрати палива і ККД автомобіля.

Для вирішення цієї мети були запропоновані математичні залежності та алгоритм розрахунку індикаторної витрати палива і коефіцієнтів корисної дії автомобіля по агрегатам (індикаторний і механічний двигуна, трансмісії та підвіски автомобіля).

**Результати дослідження.** Знаючи масу автомобіля, дорожньо-транспортні умови роботи і витрата палива, можна визначити загальний ККД автомобіля [3] за формулою:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_o}{H_n \cdot \rho_m \cdot Q}, \quad (1)$$

де  $M_a$  – маса автомобіля, кг;  $K_d$  – коефіцієнт дорожніх умов експлуатації;  $H_u$  – нижча теплота згорання палива, кДж/кг;  $\rho_m$  – щільність палива, г/см<sup>3</sup>;  $Q$  – витрата палива, л/100км.

Наприклад, для 1ої категорії доріг при  $M_a = 1600$  кг,  $K_d = 0,13$  м / с<sup>2</sup>,  $H_u \cdot \rho_m = 32560$  кДж,  $Q = 7,6$  л / 100 км.

$$\eta_a = \frac{100 \cdot 1600 \cdot 0,13}{32560 \cdot 7,6} = 0,084$$

Залежність (1) пропонується використовувати оцінки ефективності роботи автомобіля на дорозі.

Загальний алгоритм діагностування можна представити так:

Рекомендується наступні характеристики діагностування автомобілів:

- 1) Порядок діагностування: по системі "ОР-Д-УН".
- 2) Діагностичне обладнання: пересувна або стаціонарна станція діагностики.
- 3) Методи діагностування: органолептичні із застосуванням нескладних приладів і розрахункових методів. Науковий рівень оператора-діагноста "бакалавр-технік".
- 4) Основні критерії енергетичної оцінки технічного стану: витрата палива, приватні і загальний ККД агрегатів.

Пропонується наступний алгоритм діагностування:

1. Оцінка умов роботи автомобіля: легкі умови (ЛУ), середні умови (СУ) й важкі умови (ВУ). Надалі розглядаємо середні умови ( $V_a = 35$  км / год).

2. Моделювання (імітація) умов роботи на сталих режимах здійснюється за рівністю сумарних потужностей на дорозі і на стенді. Потужність, що поглинається навантажувальним пристроєм стенду  $N_{мор}$  повинна дорівнювати ( $N_{fn} - N_{бар}$ ) кВт.

На стенді з біговими барабанами витрата палива визначається за формулою

$$Q = \frac{100 \cdot (G_a \cdot f_{\bar{\delta}} + P_{\bar{\delta}} + P_m)}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_n} \text{ л/100 км,} \quad (2)$$

де  $(P_{\bar{\delta}} + P_m) = (G_a \cdot i + G_z \cdot i + P_w + P_j - G_z \cdot F_{\bar{\delta}})$  – сума сил опору на бігових барабанах, Н;  $G_a$  – вага автомобіля, Н;  $G_z$  – вага автомобіля, що припадає на бігові барабани, Н;  $F_{\bar{\delta}}$  – коефіцієнт опору коченню колеса по бігових барабанах;  $\eta_i$  і  $\eta_m$ ,  $\eta_n$  і  $\eta_n$  - відповідно, індикаторний та механічний ККД двигуна, ККД трансмісії та підвіски автомобіля.

Якщо  $G_z \cdot i = G_z \cdot F_{\bar{\delta}}$ , тоді  $(P_{\bar{\delta}} + P_m) = (G_a \cdot i + G_z \cdot i + P_w + P_j)$ .

При  $V_a = 35$  км / год  $P_w = 0$ .

При загальному діагностуванні на стенді з біговими барабанами  $\eta_a$  визначається за формулою:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot (G_a \cdot f_{\bar{\delta}} + P_{\bar{\delta}} + P_m)}{H_u \cdot \rho_m \cdot Q}, \quad (3)$$

де  $P_{\bar{\delta}}$  – сила механічних втрат в стенді, Н;  $P_m$  – сила, створювана навантажувальним пристроєм стенду, Н.

Залежність (3) пропонується використовувати для оцінки ефективності роботи автомобіля на дорозі.

**Розрахунковий приклад.** Витрата палива для СУ - 10,1 л / 100 км [5]. З формули (1) визначаємо загальний ККД:

$$\eta_a = \frac{0,6388}{Q} = \frac{0,6388}{10,1} = 0,0632.$$

Висновок: ККД відповідає нормі для справного автомобіля.

Визначення приватних ККД для окремих агрегатів:

1. Визначення ККД індикаторного, ефективного та механічного двигуна за формулами:

$$Q = K_p \cdot \frac{P_i}{\eta_i} = K_p \cdot \frac{P_e}{\eta_e} \cdot \eta_i = 0,0128 \cdot \frac{255,44}{10,1} = 0,324 \cdot \eta_e = 0,0128 \cdot \frac{111,84}{10,1} = 0,142.$$

Так як  $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$ , тоді  $\eta_m = \frac{\eta_e}{\eta_i} = \frac{0,142}{0,324} = 0,438$ .

2. ККД трансмісії визначається за формулою:

$$\eta_m = \frac{P_k}{(1,3 \cdot V_a + 1,025 \cdot P_k)} = \frac{412,67}{(1,3 \cdot 35 + 1,025 \cdot 412,67)} = 0,881$$

3. ККД підвіски обчислюється за формулою:

$$\eta_n = \frac{100 \cdot P_k \cdot K_d}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_m \cdot Q} = \frac{100 \cdot 412,67 \cdot 0,13}{44000 \cdot 0,74 \cdot 0,324 \cdot 0,438 \cdot 0,881 \cdot 10,1} = 0,506$$

4. Загальний ККД

$$\eta_a = 0,324 \cdot 0,438 \cdot 0,881 \cdot 0,506 = 0,063.$$

Аналогічні розрахунки виконуються, якщо витрата палива менше або більше 10,1 л / 100 км.

При збільшенні загальної витрати палива на 10 ... 20% приватні ККД знижуються, а індикаторний витрата палива в окремих агрегатах підвищується.

**Висновки.** Запропоновано метод діагностування технічного стану автомобіля за зміною індикаторної витрати палива в% та л / 100 км в двигуні, трансмісії, підвіски і на транспортну роботу. Розроблений алгоритм діагностування забезпечує об'єктивну оцінку основних енергетичних характеристик і показників функціонування транспортних машин.

#### Література:

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта. / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. - Изд. 2-е, перераб. и дополн. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Кривошапов С.І. Розробка методики та алгоритму загального діагностування автомобілів за зміною коефіцієнта корисної дії. / Автореф. канд. техн. наук: 05.22.20. – Харків, ХДАДТУ, 1999. – 20 с.
3. Говорущенко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) / Н.Я. Говорущенко, С.И. Кривошапов. // Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2004. - № 15.
4. Говорущенко Н.Я. Методы системного расчетно-аналитического и стендового диагностирования легковых автомобилей / Н.Я. Говорущенко, Ю.В. Горбик // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2009. - № 25. – С. 58-61.
5. Горбик Ю.В. Методи системного розрахунково-аналітичного та стендового діагностування легкових автомобілів. / Автореф. канд. техн. наук: 05.22.20. – Харків, ХНАДУ, 2010. – 20 с.

#### Summary

##### Y. Gorbik Car diagnostics by indicator fuel consumption in units

*The development of automotive technology in the direction of the production of cars, improving their quality, reliability and durability at the same time requires the use of new diagnostic methods and algorithms.*

*The paper proposes an algorithm for diagnosing the technical condition of a vehicle's units to change the indicator fuel consumption in% and in l / 100 km spent on mechanical work in the engine, transmission, suspension and transport work.*

*Changes in the technical condition of the units and systems of the car leads to increased energy losses, which ultimately increases fuel consumption and reduces the power of the car. If you control the loss of energy in each unit of the car, then the fuel consumption can be used to diagnose not only the general condition of the car, but also to locate the fault by the units.*

*The aim of the work is to further improve the methodology and develop an algorithm for diagnosing the technical condition of a vehicle to change the indicator fuel consumption and vehicle efficiency. To solve this goal, mathematical dependencies and an algorithm for calculating the indicator fuel consumption and efficiency of the vehicle and by aggregates (indicator and mechanical engine, transmission and vehicle suspension) were proposed.*

*The developed diagnostic algorithm provides an objective assessment of the main energy characteristics and performance indicators of transport vehicles.*

**Keywords:** *fuel consumption, efficiency of the car, diagnosis of car, environmental conditions, balance of energy, energy loss, diagnosis algorithm.*

### References

1. Govorushchenko N.YA., Turenko A.N. Sistemotekhnika transporta. - Izd. 2-e, pererab. i podoln. – Har'kov: RIO HGADTU, 1999. – 468 s.
2. Krivoshapov S.I. Rozrobka metodiki ta algoritmu zagal'nogo diagnostuvannya avtomobiliv za zminoyu koeficienta korisnoi dii. / Avtoref. kand. tekhn. nauk: 05.22.20. – Harkiv, HDADTU, 1999. – 20 s.
3. Govorushchenko N.YA., Krivoshapov S.I. Novaya metodika normirovaniya raskhoda topliva transportnyh mashin (metod chetyrekh KPD) / Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. trudov – H.: HNADU. 2009. - №25. – S. 58-61.
4. Govorushchenko N.YA., Gorbik YU.V. Metody sistemnogo raschetno-analiticheskogo i stendovogo diagnostirovaniya legkovykh avtomobilej // Avtomobil'nyj transport: Sb. nauch. trudov. – Har'kov: HNADU, 2009. - № 25. – S. 58-61.
5. Gorbik YU.V. Metodi sistemnogo rozrahunkovo-analitichnogo ta stendovogo diagnostuvannya legkovykh avtomobiliv. / Avtoref. kand. tekhn. nauk: 05.22.20. – Harkiv, HNADU, 2010. – 20 s.