

Ю. В. Горбик<sup>1</sup>  
А. А. Кашканов<sup>2</sup>  
О. П. Антонюк<sup>2</sup>

## МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ПО ВИТРАТІ ПАЛИВА

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

*Витрата палива є комплексним показником, який характеризує ефективність використання транспортного засобу, енергетичне досконалість конструкції автомобіля, рівень технічного стану машини, різноманітність умов експлуатації.*

*Зміна технічного стану вузлів і систем автомобіля призводить до підвищених витрат енергії, що в підсумку збільшує витрату палива і знижує потужність автомобіля. Якщо проводити контроль витрат енергії в кожному агрегаті автомобіля, то за витратою палива можна діагностувати не тільки загальний стан автомобіля, а й локалізувати несправність по агрегатах. Загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися за експериментально-розрахунковими даними витрати палива. Індивідуальна оцінка технічного стану агрегатів також може оцінюватися за окремими ККД і за індикаторною витратою палива.*

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

*Для вирішення цієї мети були запропоновані математичні залежності та алгоритм розрахунку витрати палива та коефіцієнтів корисної дії автомобіля по агрегатах (двигуна – індикаторний і механічний, трансмісії і підвіски автомобіля). Також після виконання математичного моделювання витрати палива через ККД були проведені експериментальні дослідження показників витрати палива автомобіля ВАЗ-21101.*

*Проведений експеримент і отримані результати після порівняння значень витрати палива, розраховані за формулою М.Я. Говорущенко, через загальний ККД автомобіля та дані, отримані експериментальним шляхом, свідчать, що метод дійсно працює і похибка становить близько 5 %. Це дозволяє зробити висновок, що загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися за експериментально-розрахунковими даними витрати палива. Індивідуальна оцінка технічного стану агрегатів також може оцінюватися за окремими ККД та індикаторній витраті палива.*

**Ключові слова:** автомобіль, витрата палива, ККД автомобіля, швидкість автомобіля

### Вступ

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

Витрата палива є комплексним показником, який характеризує ефективність використання транспортного засобу, енергетичне вдосконалення конструкції автомобіля, рівня технічного стану машини, різноманітність умов експлуатації. При діагностуванні автомобіля на паливну економічність необхідно виміряти значення витрати палива порівняти з нормативними показниками. Однак у довідковій літературі відсутні нормативні значення витрати палива в літрах на 100 км по марках автомобілів. Заводи – виробники технічних даних на автомобіль – не наводять норми експлуатаційної витрати палива або дають завищені значення паливної економічності автомобіля.

Зміна технічного стану вузлів і систем автомобіля веде до підвищених витрат енергії, що в підсумку збільшує витрату палива і знижує потужність автомобіля. Якщо проводити контроль витрат енергії в кожному агрегаті автомобіля, то по витраті можна діагностувати не тільки загальний стан автомобіля, але і локалізувати несправності по агрегатах. Загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися за експериментально-розрахунковими даними витрати палива. Індивідуальна оцінка технічного стану агрегатів також може оцінюватися за окремими ККД та індикаторної витрати палива [1].

У процесі роботи автомобіля з 100 % енергії палива приблизно 33 % витрачається на вихлоп і 35 % – на охолодження. З 32 % решти палива близько 10 % витрачається на насосні і механічні втрати в двигуні, стільки ж на втрати в трансмісії (рис. 1). Частина енергії палива витрачається в колесах і підвісці автомобіля. Загальний ККД автомобіля (ВАЗ 21101) при середніх умовах експлуатації дорівнює приблизно 0,062...0,065 [2].

Зміна технічного стану вузлів і систем автомобіля спричиняє підвищених витрат енергії, що в підсумку збільшує витрату палива і знижує потужність автомобіля. Якщо виконувати контроль витрати

енергії в кожному агрегаті автомобіля, то за витратою палива можна діагностувати не тільки загальний стан автомобіля, але і локалізувати несправність по агрегатах.

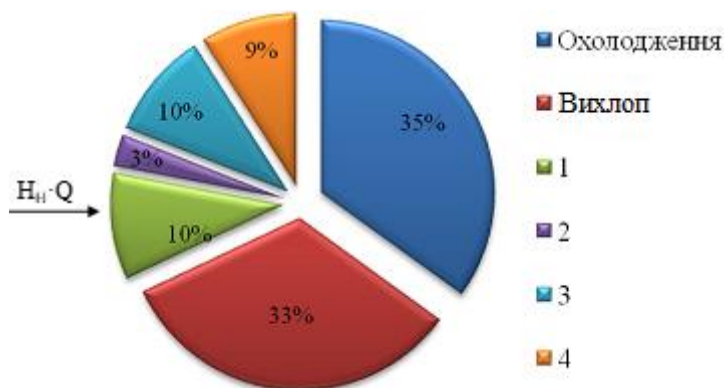


Рис. 1. Паливо-енергетичний баланс автомобіля: 1 – механічні та насосні витрати в двигуні (10%); 2 – витрати в трансмісії (3,0%); 3 – витрати в підвісці (10,5%); 4 – затрати на транспортну роботу (9%)

### Результати дослідження

#### 1. Визначення витрати палива розрахунковим методом.

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

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

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.

При загальному діагностуванні автомобіля рекомендується визначити два ККД: ККД ефективний двигуна ( $\eta_i$ ,  $\eta_m$ ) і ККД ходової частини автомобіля ( $\eta_r$ ,  $\eta_n$ ). Для розрахунку використовувались дані, що занесені в табл. 1 [3].

Таблиця 1

#### Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Умовне позначення	Значення
Маса автомобіля ВАЗ-21101	$M_a$	1495 кг
Об'єм циліндрів двигуна	$V_h$	1,596 л
Хід поршня	$S_n$	0,0756 м
Передаточне число головної передачі	$i_0$	3,937
Радіус колеса	$r_k$	0,310
Фактор обтічності	$kF$	$0,026 V_a^2 \cdot H \cdot c^2 \cdot M^2$
Потужність двигуна	$N_a$	59,58 кВт при 5200 хв <sup>-1</sup>

Розрахункові формули.

Значення зусиль, підведених до коліс, Н

$$P_k = \left( \frac{0,8 \cdot G_a}{V_a} + 0,026 \cdot V_a^2 \right), \quad (2)$$

де  $G_a$  – вага автомобіля, Н.

Середній ефективний тиск, кПа

$$P_e = 12,56 \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_m} \cdot P_k, \quad (3)$$

де  $V_h$  – робочий об'єм двигуна, л;  $i_0$  – передаточне число головної передачі;  $\eta_m$  – ККД трансмісії;  $i_k$  – середньозважене передаточне число коробки передач.

Якщо прийняти для ВАЗ 21101 [1,2]  $a_n = 43$  кПа,  $b_n = 13$  кПа·с·м<sup>-1</sup>, хід поршня  $S = 0,0756$  м і  $n = 2700$  хв<sup>-1</sup>, тоді механічні витрати в двигуні будуть визначатися за формулою, кПа

$$P_m = (a_n + b_n \cdot 2S_n \cdot \frac{n}{60}) = (a_n + 0,033 \cdot b_n \cdot S_n \cdot n), \quad (4)$$

де  $a_n$  і  $b_n$  – постійні для даного двигуна коефіцієнти;  $n$  – частота обертання колінчастого вала двигуна, хв<sup>-1</sup>;  $S_n$  – хід поршня, м.

При більш високих частотах обертання колінчастого вала і  $i_k=0,941$ , кПа

$$P_m = (43 + 0,033 \cdot 13 \cdot 0,0756 \cdot \frac{2,65 \cdot V_a \cdot 3,937 \cdot 0,0756}{0,31}) = 43 + 1,03 \cdot V_a. \quad (5)$$

Середній індикаторний тиск  $P_i$ , кПа

$$P_i = P_e + P_m. \quad (6)$$

Коефіцієнт коригування

$$K_p = \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k} = 0,00497 \cdot i_k, \text{ л}^2/\text{Н} \cdot \text{м}^2. \quad (7)$$

ККД трансмісії автомобіля

$$\eta_T = \frac{P_k}{(1,3 \cdot V_a + 1,025 \cdot P_k)}. \quad (8)$$

Середньозважене число КПП

$$i_k = \frac{107}{V_a}. \quad (9)$$

ККД індикаторний

$$\eta_i = 0,35\alpha. \quad (10)$$

$$\alpha = a_1 + b_1 \cdot N_1. \quad (11)$$

де  $N_1$  – відсоток використання потужності, %.

Для бензинових інжекторних ДВЗ

$$\eta_i = 0,35 \cdot (0,85 + 0,00337 \cdot N_1) = 0,298 + 0,00118 \cdot N_1. \quad (12)$$

Відсоток використання потужності визначаємо за формулою

$$N_1 = \frac{100 \cdot (G_a \cdot \psi \cdot V_a + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^3)}{3,6 \cdot 10^3 \cdot N_{e_{\max}} \cdot \eta_T}, \quad (13)$$

де  $N_{e_{\max}}$  – максимальна потужність двигуна, кВт.

ККД механічний

$$\eta_M = \frac{\eta_e}{\eta_i}. \quad (14)$$

ККД ефективний

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M. \quad (15)$$

ККД підвіски

$$\eta_n = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_\delta}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_n \cdot Q}. \quad (16)$$

Загальний ККД автомобіля [4]

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_M \cdot \eta_m \cdot \eta_n. \quad (17)$$

Для розрахунку витрати палива автомобіля ВАЗ-21101 ми скористаємося формулою М. Я. Говорущенка

$$Q = \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot P_e}{H_n \cdot \rho_m \cdot r_k \cdot \eta_e} \text{ л/100 км.} \quad (18)$$

де  $V_h$  – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;  $i_0$  – передаточне число головної передачі;  $i_k$  – середньозважене передаточне число коробки передач;  $H_n$  – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг;  $\rho_m$  – щільність палива, кг/м<sup>3</sup>;  $r_k$  – радіус кочення колеса, м;  $P_e$  – середній ефективний тиск, кПа;  $\eta_e$  – ефективний ККД.

В табл. 2 наведені розрахункові значення втрат, витрати палива і ККД автомобіля і агрегатів.

Таблиця 2

Розрахункові данні зміни окремих і загального ККД автомобіля при збільшенні швидкостей в діапазоні 25–150 км/год

$V_a$ , км/год	$P_k$ , Н	$P_e$ , кПа	$P_m$ , кПа	$P_i$ , кПа	$Q$ , л/100 км	$\eta_i$	$\eta_m$	$\eta_e$	$\eta_T$	$\eta_{II}$	$\eta_a$
20	598,24	73,66	63,60	137,26	<b>11,65</b>	0,313	0,536	0,168	0,936	0,331	0,052
40	339,72	92,24	84,20	176,44	<b>7,43</b>	0,315	0,523	0,165	0,849	0,582	0,081
60	299,95	133,25	104,80	238,05	<b>6,58</b>	0,320	0,560	0,179	0,778	0,660	0,092
90	365,26	254,83	135,70	390,53	<b>6,94</b>	0,332	0,652	0,216	0,743	0,542	0,087
120	515,37	473,12	166,60	639,72	<b>8,03</b>	0,352	0,739	0,260	0,753	0,384	0,075
150	730,72	815,88	197,50	1013,38	<b>9,33</b>	0,384	0,805	0,309	0,774	0,271	0,065

Для порівняння розрахуємо витрату палива іншим методом – через ККД автомобіля за (1). Після підстановки постійних значень отримуємо більш просту формулу:

$$\eta_a = \frac{0,596}{Q}. \quad (19)$$

Звідси

$$Q = \frac{0,596}{\eta_a}. \quad (20)$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку витрати палива через ККД автомобіля

Швидкість	20	40	60	90	120	150
Витрати палива через ККД	11,64	7,31	6,48	6,83	7,91	9,19

На рис. 2 представлено графіки витрати палива порохованого за формулою (18) та через загальний ККД автомобіля (1).

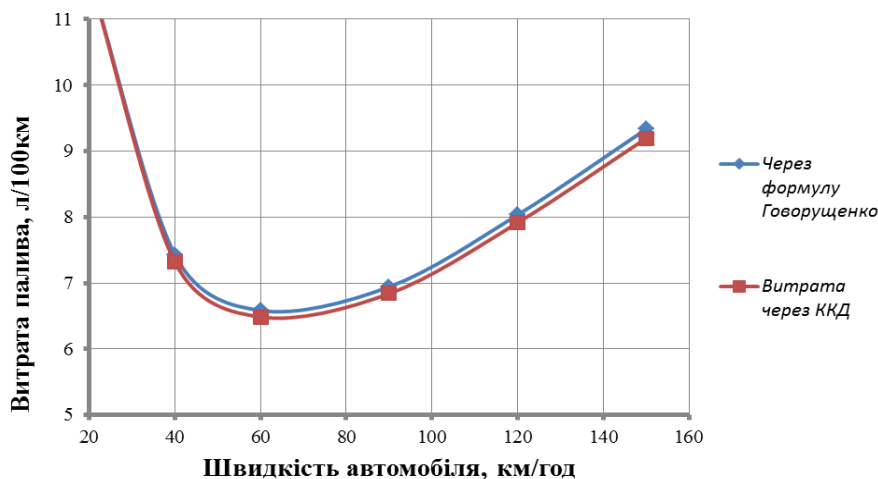


Рис. 2. Графіки витрати палива порохованого за різними методиками

## 2. Експериментальні дослідження показників витрати палива автомобіля ВАЗ-21101.

Для енергетичної оцінки був використан легковий автомобіль ВАЗ 21101 [3], [5]. Автомобіль 2007 року випуску, з пробігом 148 тис. км, який знаходиться у справному стані. Перед експериментом було проведено повне ТО й діагностика всіх основних параметрів.

Для визначення витрати палива при русі автомобіля використовувався показник тривалості впорскування палива форсунками. Тривалість впорскування сучасних форсунок складає від 2...10 мс в залежності від режиму роботи двигуна. Це досить малий проміжок часу, зміни тиску в надплунжерній порожнині відбуваються дуже швидко. Якщо прийняти, що тривалість впорскування становить 3 мс на ХХ, то це відповідає всього 10,5° п.к.в., і якщо припустити, що необхідно проводити вимірювання в 4 каналах – по числу циліндрів двигуна, то при таких швидкозмінних сигналах необхідно застосовувати високочастотну вимірювальну апаратуру. Якщо прийняти на основі ряду публікацій, що один вимірювальний канал повинен працювати з частотою мінімум 500 кГц (500 – тисяч замірів в секунду, замір виконується кожні 2 мкс). І враховуючи, що зміни тривалості впорскування вносяться ЕБУ з кроком в 100 мкс, то відносна похибка становитиме 2 %. То в основу вимірювального комплексу для проведення експрес діагностування повинен бути покладений осцилограф з швидкодіючим АЦП і малою сходинкою квантування.

В якості такого приладу був обраний цифровий осцилограф вітчизняного виробництва USB-Scope III [6].

Цифровий діагностичний 8-ми каналний (6 каналів + 2 лінії модуля запалювання) USB-осцилограф призначений для моніторингу, вимірювання та аналізу електричних сигналів автомобілів. За отриманими даними можна оцінити працездатність датчиків і виконавчих механізмів і пристроїв. Комплектується кабелями і адаптерами для підключення.

Кількість каналів в режимі осцилографа: 1, 2, 4, 8 (за вибором). Дозвіл АЦП: 16 біт, діапазон вхідної напруги:  $\pm 6$  В (вхідний дільник 1:1), може перемикається в режим дільника 1:5 тобто вимірювати сигнал  $\pm 30$  В. Аналогові канали 5–6,  $\pm 60$  В (вхідний дільник 1:10) перемикаються в режим  $\pm 300$  В (внутрішній дільник 1:20). Максимальна частота оцифровки на канал: в 1-канальному режимі – 12,5 МГц; в 2-канальному режимі – 5 МГц; в 4-канальному режимі – 2,5 МГц; в 8-канальному режимі – 1,25 МГц. Шести каналний режим включити неможливо. Можна включити восьми каналний режим але не використовувати два канали, які заміряють процеси системи запалювання бензинового автомобіля. Режим оцифровки – безперервний потік. Вхідний опір – 1 МОм. У режимі цифрового аналізатора використовуються вимірювальні канали з такими параметрами: Кількість входів цифрового аналізатора – 8. Режими – 2-, 4-, 8-канальний аналізатори. Максимальна частота оцифровки на канал: в 8-канальному режимі – 100 МГц;. Режим оцифровки – безперервний потік. Вхідний опір – 10 КОм.

АЦП має 16 біт, що дозволяє мати такі параметри деталізації по напрузі (тільки в аналоговому режимі): для діапазону вхідних напруг  $\pm 6$  В – 2 мВ, для діапазону вхідних напруг  $\pm 30$  В – 10 мВ, для діапазону вхідних напруг  $\pm 60$  мВ – 20 мВ, для діапазону вхідних напруг  $\pm 300$  В – 100 мВ.

USB Autoscope III забезпечений гальванічною розв'язкою вимірювальних ланцюгів і ланцюгів ПК (шини USB). Тестова напруга ізоляції – 2 кВ протягом 1 хвилини. Ємність ізоляції – не вища 15 пФ. Опір ізоляції – не менший 20 ГОм.

Основні можливості ПЗ: режим відображення + запис + одночасне вимірювання в реальному масштабі часу. Діапазон тимчасової шкали: аналоговий режим 2 мкс / справ. – 1с / справ.; цифровий аналізатор 0,2 мкс / справ. – 1 с / справ. Діапазон шкали напруги (в аналоговому режимі): 2 мВ / справ. – 20В / справ. Таким чином проводиться вимірювання до 8-ми заданих експериментом параметрів безпосередньо і з частотою перетворення від 1250 кГц до 12,5 МГц. Можливість створення призначених для користувача налаштувань для часто використовуваних режимів; виконання програмою USB\_Oscilloscope файлів скриптів аналізатора з метою автоматизації аналізу осцилограм. Функція відображення значення вимірюваної фізичної величини. З метою автоматизації аналізу осцилограм, вбудовано функцію виконання програмою аналізу осцилограм по зовнішньому алгоритму, записаному в файлах скриптів. Зберігаються вихідні формати – бінарний файл, графічний, друкований.

## 3. Проведення експерименту.

Експеримент – це перевірка теоретичного методу визначення витрати палива, та визначення похибки експерименту.

Для проведення експерименту був підключений вимірювальний комплекс, який складається з ноутбука, осцилографа USB AutoScop III і необхідних дротів для підключення датчиків згідно з табл. 4.

В табл. 4 представлено дані для виконання налаштування осцилографа USB AutoScop III, та правильність підключення сигналів датчиків в потрібний канал.

Вихідні дані для настроювання каналів

№ каналу	Джерело сигналу	Ім'я каналу	Одиниця вимірювання	Масштабний множник
1	Датчик колінчатого валу	Колінвал	В	5
2	Датчик швидкості	Швидкість	В	5
3	Струмові кліщі	Кліщі	В	2
4	Датчик фази	Розподвал	В	5
5	Форсунка	Форсунка	В	5
6	Датчик масової витрати повітря	ДМВП	кг/год	1

Вимірювання витрати палива автомобілем ВАЗ-21101 проводилися на трьох різних швидкостях 20, 40, 60 км/год. З записом сигналів з датчиків, таких як: датчик положення колінчатого валу, датчик масової витрати повітря, датчик фаз, струм з модуля запалювання, сигнал з форсунки, сигнал з датчика швидкості. Для експерименту ми використовували рівну ділянку траси Харків-Київ, без поздовжнього ухилу. Довжина ділянки становила близько 1 км. Для більшої достовірності експерименту і зменшення похибки від зустрічного вітру вимірювання робили на одній швидкості в 2 напрямках, та по три рази в кожному напрямку.

На рис. 3 представлено загальний вигляд сигналів з датчиків знятих за допомогою осцилографа USB Autoscope III

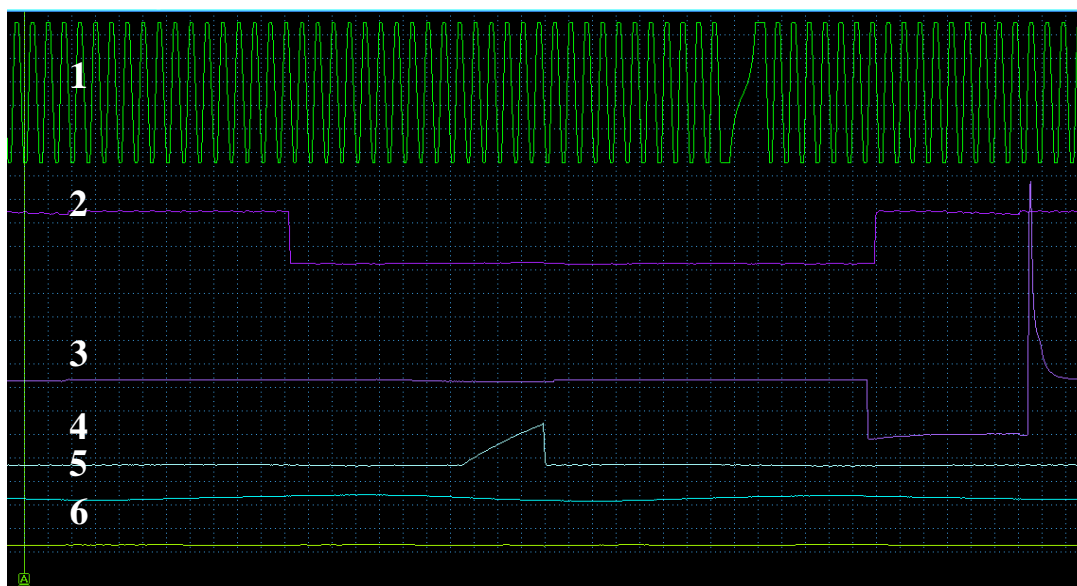


Рис. 3. Загальний вигляд сигналів датчиків: 1 – сигнал з датчика колінчатого валу; 2 – сигнал з датчика швидкості; 3 – сигнал з форсунки; 4 – сигнал з струмових кліщів; 5 – сигнал з ДМВП; 6 – сигнал з датчика фази

#### 4. Алгоритм обробки результатів випробувань.

З індивідуального файлу, записаного в процесі випробування, визначимо такі параметри:

- номер включеної передачі й швидкість руху автомобіля по спідометру (ця інформація записана в імені файлу);

- тривалість керуючого імпульсу  $\tau_k$  на форсунці (мс) «Форсунка» канал 5;

- період обертання розподільного валу  $T_u$  (мс) – із графіка «датчик фази» канал 4;

- напругу з датчика швидкості  $U_o$  канал 2;

- виміряти напругу  $U_e$  за графіком «масова витрата повітря», канал 6;

За результатами вимірювань обчислюємо:

– швидкість автомобіля, км/год

$$V_a = \frac{3,6 \cdot \pi}{30} \cdot \frac{n_k}{U_K} \cdot U_d \cdot r_k \cdot \quad (21)$$

– тривалість керуючого імпульсу на форсунку

$$T_i = 1000 \cdot \frac{\tau_k - \tau_{II}}{F}, \text{ мс} \quad (22)$$

де  $\tau_k$ ,  $\tau_{II}$  – момент закриття та відкриття голки форсунки відповідно;  $F$  – частота вибірки сигналу ( $F=500/6=83,8$  кГц).

– циклову подачу однієї форсунки

$$Q_{ц} = q_{\phi} \cdot \frac{T_i}{60000} \cdot 1000 \cdot \rho_T, \text{ мг}, \quad (23)$$

де  $q_{\phi}$  – продуктивність форсунки;  $\rho_T$  – щільність палива;  $T_i$  – тривалість керуючого імпульсу на форсунку

– частоту обертання колінчатого валу за формулою

$$n = \frac{1,2 \cdot 10^5}{T_{ц}}, \text{ хв}^{-1}. \quad (24)$$

– об'ємну годинну витрату палива за формулою, л/г.

$$Q_n = g_{\phi} \cdot (\tau_k - \tau_n) \cdot 1,2 \cdot n \cdot 10^{-4} = 0,0005 \cdot n \cdot (\tau_k - \tau_n). \quad (25)$$

– масову годинну витрату палива за формулою, кг/ч

$$G_i = 0,75 \cdot Q_i. \quad (26)$$

– крутний момент на валу двигуна

$$M_{кр} = \frac{1000 \cdot H_n}{120 \cdot \pi \cdot n} G_n \cdot \eta_e = 116713,625 \cdot \eta_e \cdot \frac{G_n}{n}, \quad (27)$$

де  $H_n = 44000$  кДж/кг – нижча теплота згоряння бензину;  $\eta_e = 0,25 \dots 0,32$  – ефективний ККД двигуна залежно від навантаження й частоти обертання валу.

– годинну витрату палива за формулою

$$Q_T = z \cdot q_{\phi} \cdot \frac{T_i}{60000} \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{60}{1000}, \quad (28)$$

де  $z$  – число циліндрів двигуна ( $z=4$ ),  $T_i$  – тривалість керуючого імпульсу на форсунку, мс.

– питому шляхову витрату палива, л/100 км.

$$Q_v = \frac{100 \cdot Q_T}{V_a}. \quad (29)$$

Результати експерименту наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Результати експерименту

Швидкість	$Q_v$	$Q_T$	$T_i$ , мс
20	11,5	2,3	44,1
40	7,64	3,05	47,7
60	6,84	4,1	59,6

Після проведення експерименту і отримання результатів, були зроблені порівняння значень витрати палива розраховані за формулою М. Я. Говоруценка, через загальний ККД автомобіля, та отримані експериментальним шляхом. Графічне зображення цього порівняння зображено на рис. 5.

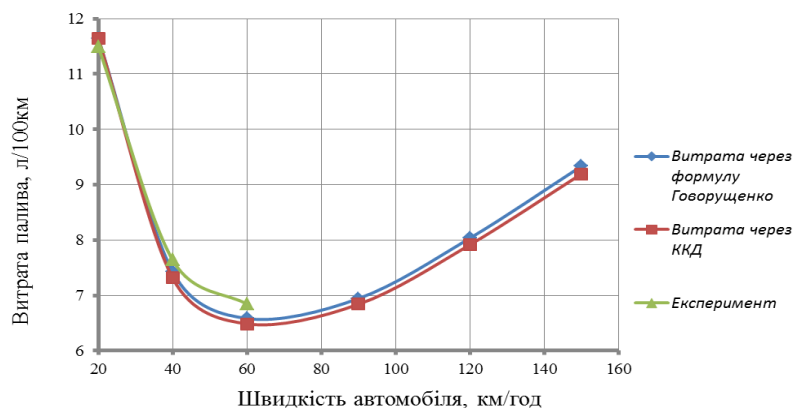


Рис. 5. Витрата палива в залежності від швидкості, визначена трьома різними способами

### Висновки

Проведений експеримент і отримані результати після порівняння значень витрати палива розраховані за формулою М. Я. Говорущенко, через загальний ККД автомобіля та дані, отримані експериментальним шляхом, свідчать, що метод дійсно працює і похибка становить близько 5 %. Це дозволяє зробити висновок, що загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися за експериментально-розрахунковими даними витрати палива. Індивідуальна оцінка технічного стану агрегатів також може оцінюватися за окремими ККД та за індикаторною витратою палива.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Н. Я. Говорущенко, и Ю. В. Горбик, «Методы диагностирования автомобилей по изменению общего и индикаторного расхода топлива и частных КПД в отдельных агрегатах», на *Транспорт экология – устойчивое развитие: материалы XVI научно-технической конференции с международным участием*. Варна: ТУ, 2010, с. 442–450.
- [2] С. И. Кривошапов, «Разработка методики и алгоритма общего диагностирования автомобилей по изменению коэффициента полезного действия»: дис. канд. техн. наук: 05.22.20. Х., 1999.
- [3] Б. С. Васильев, М. С. Высоцкий, К. Л. Гаврилов и др. [под общ. ред. В. М. Приходько]. *Автомобильный справочник*. М.: Машиностроение, 2004 – 704 с.
- [4] Н. Я. Говорущенко, и С. И. Кривошапов, «Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД)», в *Автомобильный транспорт: сб. науч. трудов*. Х.: ХНАДУ, 2009, № 25, с. 58-61.
- [5] Характеристики ВАЗ 21101 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://carexpert.ru/models/vaz/21101/tech/vaz101s.htm>.
- [6] Руководство по эксплуатации USB Autoscope III [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gelion.by/files/rukovodstvo-%20USB-Autoscope-3.pdf>.

**Горбик Юрій Васильович** – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: [yuragorbik@gmail.com](mailto:yuragorbik@gmail.com).

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

**Кашканов Андрій Альбертович** – д-р. техн. наук, доцент, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com).

**Антонюк Олег Павлович** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [asp\\_antonuk@ukr.net](mailto:asp_antonuk@ukr.net).

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Y. Gorbik<sup>1</sup>**  
**A. Kashkanov<sup>2</sup>**  
**O. Antoniuk<sup>2</sup>**

## Method of diagnosing a car by fuel consumption

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University

*Fuel consumption is a complex indicator that characterizes the efficiency of the vehicle, energy perfection of the car, the level of technical condition of the car, a variety of operating conditions.*

*Changing the technical condition of components and systems of the car leads to increased energy losses, which ultimately increases fuel consumption and reduces the power of the car. If to carry out control of energy losses in each unit of the car on*



fuel consumption it is possible to diagnose not only the general condition of the car, but also to localize malfunction on units. The general assessment of the technical condition of the car can be performed on the basis of experimental and calculated fuel consumption data. Individual assessment of the technical condition of the units can also be assessed by private efficiency and indicator fuel consumption.

The purpose of the work is to further improve the methodology and develop an algorithm for diagnosing the technical condition of the car to change the indicator fuel consumption of the car.

To solve this goal, mathematical dependences and an algorithm for calculating fuel consumption and efficiency of the car on the units (indicator and mechanical engine, transmission and suspension of the car) were proposed. Also, after performing mathematical modeling of fuel consumption through efficiency, experimental studies of fuel consumption of the car VAZ-21101 were conducted. After conducting the experiment and obtaining the results, comparisons were made of the values of fuel consumption calculated by the formula M.Ya. Govorushchenko, due to the overall efficiency of the car, and the data obtained experimentally showed that the method really works and the error is about 5%. This allows us to conclude that the overall assessment of the technical condition of the car can be performed on the basis of experimental and calculated data on fuel consumption. Individual assessment of the technical condition of units can also be assessed by private efficiency and indicator fuel consumption.

**Key words:** car, fuel consumption, car efficiency, car speed.

**Gorbik Yuri** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Service of Cars, [yuragorbik@gmail.com](mailto:yuragorbik@gmail.com).

**Kashkanov Andriy** – Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Automobiles and Transportation Management, e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com).

**Antoniuk Oleg** – Assistant of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [asp\\_antonuk@ukr.net](mailto:asp_antonuk@ukr.net).

**Ю. В. Горбик<sup>1</sup>**  
**А. А. Кашканов<sup>2</sup>**  
**О. П. Антонюк<sup>2</sup>**

## Метод диагностики легковых автомобилей по расходу топлива

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

<sup>2</sup>Винницкий национальный технический университет

*Расход топлива является комплексным показателем, характеризующим эффективность использования транспортного средства, энергетическое совершенство конструкции автомобиля, уровень технического состояния машины, разнообразие условий эксплуатации.*

*Изменение технического состояния узлов и систем автомобиля приводит к повышенным потерям энергии, что в итоге увеличивает расход топлива и снижает мощность автомобиля. Если проводить контроль потерь энергии в каждом агрегате автомобиля, то по расходу топлива можно диагностировать не только общее состояние автомобиля, но и локализовать неисправность по агрегатам. Оценка технического состояния автомобиля может выполняться по экспериментально-расчетным данным расхода топлива. Индивидуальная оценка технического состояния агрегатов также может оцениваться по частным КПД и индикаторного расходе топлива.*

*Целью работы является дальнейшее совершенствование методики и разработка алгоритма диагностики технического состояния автомобиля по изменению индикаторной расхода топлива автомобиля.*

*Для решения этой цели были предложены математические зависимости и алгоритм расчета расхода топлива и коэффициентов полезного действия автомобиля по агрегатам (индикаторный и механический – двигателя, трансмиссии и подвески автомобиля). Также после выполнения математического моделирования расхода топлива через КПД были проведены экспериментальные исследования показателей расхода топлива автомобиля VAZ-21101. После проведения эксперимента и получения результатов были сделаны сравнения значений расхода топлива, рассчитанные по формуле М. Я. Говорущенко, через общий КПД автомобиля, и данные, полученные экспериментальным путем, которые показали, что метод действительно работает и погрешность составляет около 5 %. Это позволяет сделать вывод, что общая оценка технического состояния автомобиля может выполняться по экспериментально-расчетным данным расхода топлива. Индивидуальная оценка технического состояния агрегатов также может оцениваться по частным КПД и индикаторному расходу топлива.*

**Ключевые слова:** автомобиль, расход топлива, КПД автомобиля, скорость автомобиля.

**Горбик Юрий Васильевич** – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: [yuragorbik@gmail.com](mailto:yuragorbik@gmail.com).

**Кашканов Андрей Альбертович** – д-р. техн. наук, доцент, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com).

**Антонюк Олег Павлович** – ассистент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: [asp\\_antonuk@ukr.net](mailto:asp_antonuk@ukr.net).