

Горбик Ю.В.

Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет  
E-mail:yuragorbik@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛЯ  
НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ НА ДОРОЗІ І НА  
СТЕНДІ З БІГОВИМИ БАРАБАНАМИ

УДК 629.113.004

DOI 10.37700/ts.2020.21.156-163

Горбик Ю.В. «*Моделювання випробувань автомобіля на паливну економічність на дорозі і на стенді з біговими барабанами*»

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 втрат енергії, що в підсумку збільшує витрату палива і знижує потужність автомобіля. Якщо проводити контроль втрат енергії в кожному агрегаті автомобіля, то по витраті палива можна діагностувати не тільки загальний стан автомобіля, а й локалізувати несправність по агрегатам. Загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися по експериментально-розрахунковим даними витрати палива. Індивідуальна оцінка технічного стану агрегатів також може оцінюватися по приватних ККД і індикаторного витраті палива.

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

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

З використанням моделювання можна вирішити такі завдання діагностики:

- оцінити якість функціонування автомобіля;
- видати рекомендації по видам і обсягам профілактичного обслуговування і ремонту для даного автомобіля;
- розробити раціональні варіанти застосування діагностичних приладів і обладнання для різних вузлів і систем автомобіля, при моделюванні їх функціонування.

Стосовно до автомобілів може здійснюватися фізичне моделювання при визначенні (нормуванні) витрати палива, токсичності ОГ, ККД автомобіля, коефіцієнта опору коченню і зчеплення з дорогою, ефективності гальмівних систем, плавності ходу і ін.

Результати моделювання витрати палива з використанням запропонованої математичної моделі, в залежності від гальмівного моменту стенду, з певним ступенем точності збігаються з результатами дорожніх і стендових випробувань автомобіля на різних режимах руху

Для забезпечення відповідності режимів випробувань автомобілів реальним необхідно, з використанням отриманих результатів, підбирати навантажувальні режими стендового діагностування так, щоб вони максимально відповідали дорожнім умовам.

**Ключові слова:** автомобіль, витрата палива, ККД, стенд з біговими барабанами.

Горбик Ю.В. «*Моделирование при испытаниях автомобиля на топливную экономичность на дороге и на стенде с беговыми барабанами*»

Расход топлива является комплексным показателем, который характеризует 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 производить контроль потерь энергии в каждом агрегате автомобиля, то по расходу топлива можно диагностировать не только общее состояние автомобиля, но и локализовать неисправность по агрегатам. 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.

Целью работы является дальнейшее совершенствование методики и разработка алгоритма диагностирования технического состояния автомобиля по изменению индикаторного расхода топлива и КПД 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).

С использованием моделирования можно решить следующие задачи диагностики:

- оценить качество функционирования автомобиля;
- выдать рекомендации по видам и объемам профилактического обслуживания и ремонта для данного автомобиля;
- разработать рациональные варианты применения диагностических приборов и оборудования для различных узлов и систем автомобиля, при моделировании их функционирования.

*Применительно к автомобилям может осуществляться физическое моделирование при определении (нормировании) расхода топлива, токсичности ОГ, КПД автомобиля, коэффициента сопротивления качению и сцепления с дорогой, эффективности тормозных систем, плавности хода и др.*

*Результаты моделирования расхода топлива с использованием предлагаемой математической модели, в зависимости от тормозного момента стенда, с определенной степенью точности совпадают с результатами дорожных и стендовых испытаний автомобиля на различных режимах движения*

*Для обеспечения соответствия режимов испытаний автомобилей реальным необходимо, с использованием полученных результатов, подбирать нагрузочные режимы стендового диагностирования так, чтобы они максимально соответствовали дорожным условиям.*

**Ключевые слова:** автомобиль, расход топлива, КПД, стенд с беговыми барабанами.

**Yu. Gorbik "Simulation when testing a car for fuel efficiency on the road and on a bench with running drums"**

*Fuel consumption is a complex indicator that characterizes the efficiency of vehicle use, the energy perfection of the vehicle design, the level of the vehicle's technical condition, and a variety of operating conditions.*

*Changes in the technical state of the components and systems of the car leads to increased energy losses, which ultimately increases fuel consumption and reduces the power of the car. If you monitor the energy losses in each vehicle unit, then the fuel consumption can be used to diagnose not only the general condition of the vehicle, but also to localize the malfunction by the units. The general assessment of the technical condition of the car can be carried out according to the experimental and calculated data of fuel consumption. An individual assessment of the technical condition of the units can also be assessed by private efficiency and indicated fuel consumption.*

*The aim of the work is to further improve the methodology and develop an algorithm for diagnosing the technical condition of a car by changing the indicator fuel consumption and efficiency of the car.*

*To solve this goal, mathematical relationships and an algorithm for calculating fuel consumption and vehicle efficiency by units (indicator and mechanical engine, transmission and car suspension) were proposed.*

*The following diagnostic tasks can be solved using simulation:*

- *evaluate the quality of the car's functioning;*
- *issue recommendations on the types and amounts of preventive maintenance and repairs for this vehicle;*
- *to develop rational options for the use of diagnostic devices and equipment for various components and systems of the car, while simulating their functioning.*

*With regard to cars, physical modeling can be carried out when determining (standardizing) fuel consumption, exhaust gas toxicity, vehicle efficiency, rolling resistance and adhesion to the road, efficiency of braking systems, ride smoothness, etc.*

*The results of modeling fuel consumption using the proposed mathematical model, depending on the braking torque of the stand, coincide with a certain degree of accuracy with the results of road and bench tests of a car in various driving modes.*

*To ensure the compliance of the test modes of cars with real ones, it is necessary, using the results obtained, to select the load modes of bench diagnostics so that they maximally correspond to road conditions.*

**Keywords:** car, fuel consumption, efficiency, stand with running drums.

## **Вступ**

Витрата палива є комплексним показником, який характеризує ефективність використання транспортного засобу, енергетичне вдосконалення конструкції автомобіля, рівня 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. Загальна оцінка технічного стану автомобіля може виконуватися за експериментально-розрахунковими даними витрати палива

З використанням моделювання можна вирішити такі завдання діагностики:

- оцінити якість функціонування автомобіля;
- видати рекомендації по видам і обсягами профілактичного обслуговування і ремонту для даного автомобіля;
- розробити раціональні варіанти застосування діагностичних приладів і обладнання для різних вузлів і систем автомобіля, при моделюванні їх функціонування.

У науці відомі такі види моделювання, як фізичне, математичне, імітаційне і модульне. Фізичне моделювання базується на теорії подібності та розмірностей. В основі цієї теорії лежить твердження про те, що якщо всі відповідні безрозмірні характеристики (критерії) подібності для двох явищ однакові, то вони фізично подібні. Такі моделі являють

одну з підгруп моделей, у яких фізична природа досліджуваних явищ зберігається повністю або частково, як і в натурному зразку. Стосовно до автомобілів може здійснюватися фізичне моделювання при визначенні (нормуванні) витрати палива, токсичності ВГ, ККД автомобіля, коефіцієнта опору коченню і зчеплення з дорогою, ефективності гальмівних систем, плавності ходу і ін.

### **Актуальність проблеми**

При діагностуванні автомобіля на паливну економічність необхідно виміряне значення витрати палива порівняти з нормативними показниками. Однак у довідковій літературі за часту наведені значення контрольної витрати палива при русі автомобіля, а для багатьох марок автомобілів відсутні нормативні значення витрати палива в літрах на 100 км по марках автомобілів. Заводи – виробники у технічних даних на автомобіль не приводять норми експлуатаційної витрати палива або призводять завищені значення паливної економічності автомобіля.

Математична модель витрати палива повинна бути простою і не вимагати знання особливих параметрів досліджуваного автомобіля і спеціальних характеристик двигуна. Одночасно ця модель повинна досить точно описувати процес споживання палива автомобілем і відповідати сучасному рівню знань з даної проблеми. Результати розрахунків витрати палива з використанням даної математичної моделі повинні з достатнім ступенем точності збігатися з результатами дорожніх і стендових випробувань автомобіля на різних режимах руху.

### **Аналіз останніх досліджень**

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 нова 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 по індикаторному витраті палива в окремих агрегатах автомобіля.

### **Формулювання мети дослідження**

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

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

### **Результати досліджень**

Розроблені теоретичні моделі перевірялися на автомобілі ГАЗ-33021 «Газель». Для цього була написана програма розрахунку витрати палива і токсичності для даної марки автомобіля в середовищі Mathcad.

У загальному вигляді витрата палива визначається за формулою:

$$Q = K \cdot P_i / \eta_i \text{ л/100 км,} \quad (1)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує основні параметри двигуна автомобіля і якість палива.

Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$K = 7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k / H_u \cdot \rho_m \cdot r_k \text{ л м/Н,} \quad (2)$$

де  $V_h$  – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;

$i_0, i_k$  – відповідно передавальне число головної передачі і коробки передач;

$H_u$  – нижча теплота згорання палива, кДж/кг;

$\rho_m$  – щільність палива, кг/см<sup>3</sup>;

$r_k$  – радіус кочення колеса, м.

Змінною величиною в розглянутому вираженні є середнє передавальне число коробки передач, яке визначається за формулою:

$$i_k = K_c \cdot i_{kn} \cdot V_{\max} / V_a, \quad (3)$$

де  $K_c$  – швидкісний коефіцієнт,

$i_{kn}$  – підвищене передавальне число коробки передач,

$V_{\max}$  – максимальна (допускається) швидкість руху автомобіля, км/год.;

$V_a$  – середня технічна швидкість руху автомобіля, км/год.

Для автомобіля ГАЗ - 33021 (при  $V_{\max} = 100$  км/год)  $i_k = 0,53 \cdot 0,849 \cdot 100 / V_a \approx 45 / V_a$ .

З погіршенням дорожніх умов коефіцієнт  $K$  буде зростати. Наприклад, на дорозі 4 гр.

$$K = \frac{7,95 \cdot 2,445 \cdot 5,125 \cdot 1,667}{44000 \cdot 0,74 \cdot 0,31} = 0,0165,$$

а на дорозі 5 гр. при  $V_a = 26$  км/год  $K$  зростає до 0,0205.

Наступною змінною величиною є середнє індикаторне тиск  $P_i$  кПа, яке складається з середнього тиску механічних втрат на тертя в двигуні  $P_n$  і середнього ефективного тиску  $P_e$ .

В теорії двигунів рекомендується механічні втрати визначати за формулою [6]:

$$P_n = (a_n + b_n \omega_a), \quad (4)$$

де  $a$  і  $b$  – постійні для даного автомобіля коефіцієнти,

$\omega_a$  – середня швидкість поршня в м/с.

Якщо відомий хід поршня  $S_n$  і частота обертання коленвалу  $n$ , тоді:

$$P_n = (a_n + b_n \cdot 2S_n \cdot n / 60) = (a_n + 0,033 \cdot b_n \cdot S_n \cdot n) \text{ кПа.}$$

Для вантажних автомобілів середньої вантажопідйомності можна прийняти  $a_n = 50$  кПа, а  $b_n = 2,1$  кПа с м<sup>-1</sup>.

З наведеної формули для визначення (1) можна отримати більш загальний вираз, ввівши в залежність інші приватні значення ККД. Так як:

$$\eta_e = \eta_i \cdot P_e / P_i, \quad (5)$$

тоді

$$\eta_i = \eta_e \cdot P_i / P_e.$$

Підставивши це значення в останню формулу отримаємо:

$$Q = K \cdot P_e / \eta_i \cdot \eta_m \text{ л/100 км.} \quad (6)$$

Середньо ефективний тиск:

$$P_e = 12,56 \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_m} \cdot P_k = \frac{K_i \cdot P_k}{\eta_{mp}}. \quad (7)$$

Ввівши значення  $P_e$  в попередню формулу, отримаємо:

$$Q = K \cdot K_i \cdot \frac{P_k}{\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_n} \text{ л/100 км.}$$

Так як  $\eta_k = P_\delta / P_k$ , тоді значення  $P_k = P_\delta / \eta_k$ . Після його підстановки в останню формулу отримаємо новий вираз для визначення витрати палива:

$$Q = K \cdot K_i \cdot \frac{P_\delta}{\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_n \cdot \eta_k} \text{ л/100 км.} \quad (8)$$

$$\text{Добуток } K \cdot K_i: \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{H_u \cdot \rho_m \cdot r_k} \cdot 12,56 \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_m} \approx 100 / H_u \cdot \rho_m.$$

В остаточному вигляді спрощена формула для розрахунку витрати палива запишеться так:

$$Q = \frac{100 \cdot P_\delta}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_n} \quad (9)$$

або

$$Q = \frac{100 \cdot P_\delta}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_a} \text{ л/100 км,} \quad (10)$$

де  $\eta_a$  – загальний ККД автомобіля.

Остання формула представлена в більш простому вигляді і тому вона може бути використана для діагностування автомобілів. У технічно справних автомобілях загальний ККД для бензинових автомобілів змінюється в межах 0,06 ... 0,07, для дизельних - 0,010 ... 0,012.

Зусилля, підведене до дороги  $P_\delta$  можна імітувати, змінюючи навантаження на барабанах ( $P_m$ ). Величина  $H_u \cdot \rho_m$  постійна для даного виду палива. Наприклад, для бензину середньої якості  $44000 \cdot 0,74 = 32560$  кДж/л. Для дизельного палива  $43500 \cdot 0,84 = 36540$  кДж/л. Якщо, наприклад, для порожнього автомобіля ГАЗ-33021 експлуатаційна норма витрати палива  $Q \approx 15,8$  л/100 км, а загальний ККД  $\eta_a \approx 0,064$ , тоді зусилля  $P_\delta$  на барабані повинно бути  $15,8 \cdot 32560 \cdot 0,064 / 100 = 329,24$  Н. Крутний момент на барабані  $M_b$  має дорівнювати  $P_\delta \cdot r_b$  Н·м.

Зусилля, підведене до дороги визначається за формулою:

$$P_\delta = (G_a \cdot i + 0,077kF \cdot V_a^2 + 0,1 \cdot \delta \cdot G_a \cdot \dot{V}) = \text{Н} \quad (11)$$

$$= M_a (g \cdot i + 0,077kF \cdot V_a^2 / M_a + \delta \cdot \dot{V})$$

де  $i$  – граничний ухил дороги, %;

$\delta \cdot \dot{V}$  – зусилля в Н, що витрачається на розгін автомобіля.

В теорії автомобілів запроваджено новий термін “шум прискорення” в  $\text{м/с}^2$ , який найбільш повно оцінює якість дорожнього руху і визначається за формулою:

$$K_D = (g \cdot i + 0,077kF \cdot V_a^2 / M_a + \delta \cdot \dot{V}) \text{ м/с}^2, \quad (12)$$

де  $M_a$  – маса автомобіля, кг;

$\delta$  – динамічний коефіцієнт обліку обертових мас.

Для автомобіля ГАЗ-33021:

$$K_D = (9,81 \cdot 0,32 / V_a + 3,64 \cdot 10^{-5} \cdot V_a^2 + \delta \cdot \dot{V}) \text{ м/с}^2.$$

На дорогах 1-5 гр.  $K_D$  змінюється в межах 0,13...0,20. При стендових випробуваннях

друге і третє доданок приймаємо рівними нулю. Тоді сила  $P_{\delta} \approx 3,14 \cdot M_a / V_a$  Н.

При моделюванні середніх умов експлуатації (35...40 км/год) можна визначити загальний ККД автомобіля за формулою:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot P_{\delta}}{H_u \cdot \rho_m \cdot Q}, \quad (13)$$

де  $P_{\delta}$  – наведене зусилля на барабані з урахуванням маси на задньому мосту,  
 $Q$  – виміряна на стенді витрата палива в л/100 км, або  $Q_1$  в кг/год за формулою  
 $Q_1 = 0,1 \cdot Q \cdot V_a \cdot \rho_T$ .

Результати розрахунків представлені на рис. 1-3. де витрата палива на стенді визначався при постійному гальмівному зусиллі. Дані графіки дозволяють підбирати гальмівне зусилля, при якому витрати палива на стенді і на дорозі однакові.

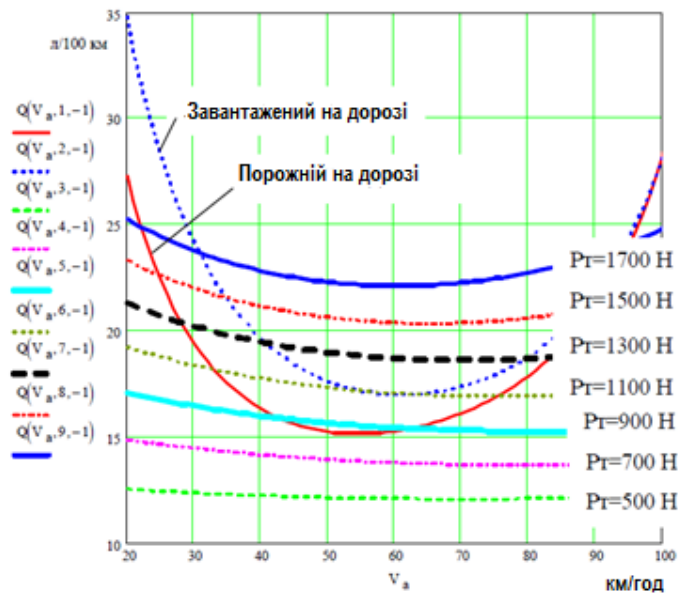


Рис. 1. Витрата палива автомобіля ГАЗ-33021 під час руху по дорозі повної і спорядженої масі, а також «рух» на імітаційному стенді при заданій постійній навантаженні

На рис. 2-3 наведені графічні залежності витрати палива, основної та додаткової норм витрати палива (відповідно) для дорожніх і стендових випробувань.

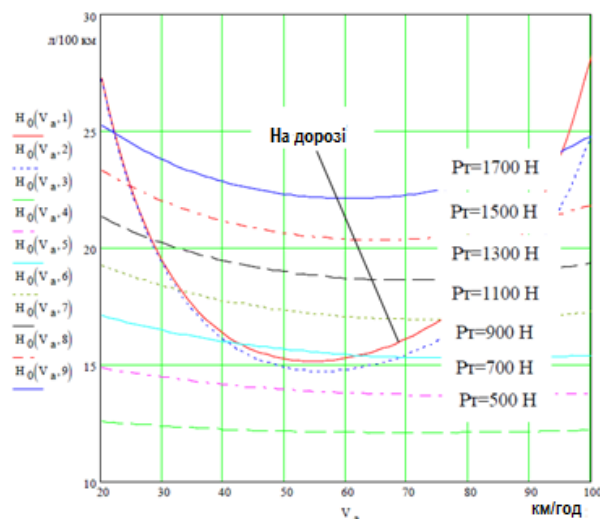


Рис. 2. Основна норма витрати палива автомобіля ГАЗ-33021 під час руху на дорозі і на імітаційному стенді при різному навантаженні

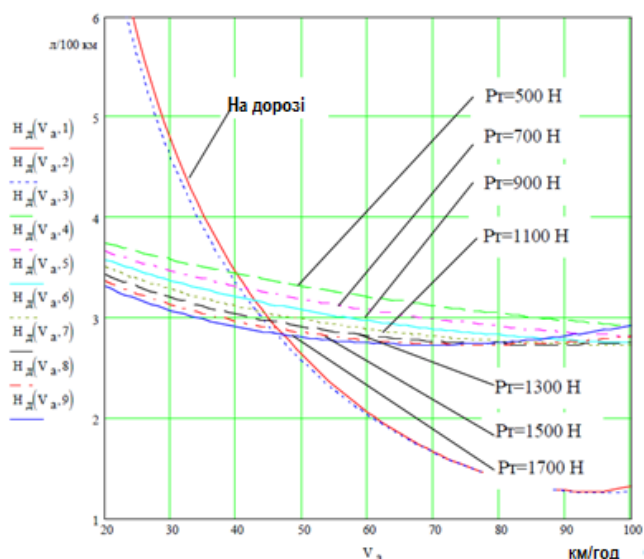


Рис. 3. Додаткова норма витрати палива автомобіля ГАЗ-33021 під час руху по дорозі і на імітаційному стенді при різному навантаженні

Результати моделювання витрати палива з використанням даної математичної моделі, в залежності від гальмівного моменту стенду, з певним ступенем точності збігаються з результатами дорожніх і стендових випробувань автомобіля на різних режимах руху.

Запропонована методика дозволяє запропонувати спрощений алгоритм загального діагностування автомобіля.

Спрощений алгоритм діагностування можна змалювати таку картину:

1. Якщо за результатами діагностування отримуємо  $\eta_a \approx 0,062 \dots 0,064$  – автомобіль справний. При цьому приймаємо, що ефективний ККД справного двигуна дорівнює приблизно  $0,28 \cdot 0,66 \approx 0,18$ , ККД трансмісії і шин –  $0,77 \cdot 0,46 \approx 0,35$ , а загальний  $\eta_a = 0,18 \cdot 0,35 \approx 0,063$ .

2. Як що,  $\eta_a$  менше  $0,062$  – шукаємо несправність.

3. Шляхом виміру визначаємо, що тиск повітря в шинах нормальний і шум в редукторі заднього моста відсутній. Припускаємо несправність у двигуні (у системі паливоподачі або запалювання). Найбільша вірогідність зниження  $\eta_i$ . Цей ККД можна перевірити за складом відпрацьованих газів ( $\eta_i \approx 0,32 \cdot \alpha$ , а % CO є функція  $\alpha$ ). Якщо замір CO показав, що його зміст досягає 6%, то це може бути при  $\alpha \approx 0,6$ . При такому значенні  $\alpha$   $\eta_i$  знижується до 0,20 (замість  $\sim 0,28$ ). Різке зниження  $\eta_i$  свідчить про несправність паливної системи або запалювання.

## Висновки

Рациональне використання палива на автомобільному транспорті може бути забезпечено за рахунок урахування впливу різних чинників при розрахунках і вдосконалення методів діагностування показників їх паливної економічності на стендах з біговими барабанами. Для забезпечення відповідності режимів випробувань автомобілів реальним необхідно, з використанням отриманих результатів, підбирати навантажувальні режими стендового діагностування так, щоб вони максимально відповідали дорожнім умовам.

Список використаних джерел

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. 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.
3. Кривошапов С.И. Розробка методики та алгоритму загального діагностування автомобілів за зміною коефіцієнта корисної дії. / Автореф. канд. техн. наук: 05.22.10. – Харків, ХДАДТУ, 1999. – 20 с.
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. Говорущенко Н.Я. Методы диагностирования автомобилей по изменению общего и индикаторного расхода топлива и частных КПД в отдельных агрегатах. / Н.Я. Говорущенко, Ю.В. Горбик. // XVI научно-техническая конференция с международным участием «Транспорт экология – устойчивое развитие» - Варна: ТУ, 2010 – С. 442-450.
6. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник для втузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания” / [Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивнин и др.; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова]. – 4е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983 – 372 с.

References

1. Govorushchenko N. Ya. Transport systems engineering. / N. Ya. Govorushchenko, A.N. Turenko. - Ed. 2nd, rev. and podoln. - Kharkov: RIO KGADTU, 1999. – 468 p.
2. Govorushchenko N. Ya. New method of standardizing fuel consumption of transport vehicles (method of four efficiency) / N.Ya. Govorushchenko, S.I. Krivoshapov. // Automobile transport: Sat. scientific. tr. - Kharkov: KhNADU, 2004. - № 15.
3. Krivoshapov S.I. Development of the methodology and algorithm for out-of-the-box diagnostics of cars for a change in the efficiency of the coriander. / Author's abstract. Cand. tech. Sciences: 05.22.10. - Kharkiv, KhDADTU, 1999. – 20 p.
4. Govorushchenko N.Ya. Methods of system calculation, analytical and bench diagnostics of passenger cars / N.Ya. Govorushchenko, Yu.V. Gorbik // Automobile transport: Sat. scientific. works. - Kharkiv: KhNADU, 2009. - №. 25. – P. 58-61.
5. Govorushchenko N. Ya. Methods for diagnosing cars by changing the total and indicator fuel consumption and private efficiency in individual units. / N. Ya. Govorushchenko, Yu.V. Gorbik. // XVI scientific and technical conference with international participation "Transport ecology - sustainable development" – Varna: TU, 2010 – P. 442-450.
6. Internal combustion engines: The theory of piston and combined engines: a textbook for technical colleges in the specialty “Internal combustion engines” / [D.N. Vyubov, N.A. Ivaschenko, V.I. Ivanin and others; ed. A.S. Orlina, M.G. Kruglov]. - 4th ed. revised and add. - M.: Mechanical Engineering, 1983 - 372 p.