

УДК 629.113

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА И КПД АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-21104

Ю.В. Горбик, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Предложена энергетическая модель диагностирования по расходу топлива, позволяющая оценивать общее состояние автомобиля и его отдельных агрегатов по замеру и анализу частных и общих КПД агрегатов.

*Ключевые слова:* автомобиль, КПД, расход топлива, потери.

## ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗА ВИТРАТОЮ ПАЛИВА Й ККД АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-21104

Ю.В. Горбик, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Запропоновано енергетичну модель діагностування за витратою палива, що дозволяє оцінювати загальний стан автомобіля і його окремих агрегатів за виміром й аналізом окремих і загальних ККД агрегатів.

*Ключові слова:* автомобіль, ККД, витрата палива, втрати.

## EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF VAZ 21104 CAR ACCORDING TO FUEL CONSUMPTION AND EFFICIENCY

Yu. Gorbik, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

*Abstract.* The author proposes a model of energy diagnostics according to fuel consumption, which makes it possible to evaluate the overall state of the car and its separate units according to analysis and measurement of specific and general efficiency of units.

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

### Введение

Расход топлива является комплексным показателем, который характеризует эффективность использования транспортного средства, энергетическое совершенство конструкции автомобиля, уровень технического состояния машины, разнообразие условий эксплуатации. При диагностировании автомобиля на топливную экономичность необходимо измеренное значение расхода топлива сравнивать с нормативными показателями. Однако в справочной литературе отсутствуют нормативные значения

расхода топлива в литрах на 100 км по маркам автомобилей. Заводы-изготовители в технических данных на автомобиль не приводят нормы эксплуатационного расхода топлива или приводят завышенные значения топливной экономичности автомобиля.

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.

### Анализ публикаций

Основные принципы оценки топливной экономичности и нормирования расхода топлива заложены в работе [1], где с позиции системотехники и энергетического подхода рассмотрены конструктивные и эксплуатационные параметры эффективности работы транспортных средств.

В работе [2] приведена методика оценки технического состояния автомобиля по изменению КПД автомобиля в целом и КПД составляющих агрегатов (двигателя, трансмиссии, подвески и колес). Приведены зависимости расчета КПД автомобиля и агрегатов на дороге и при стендовых испытаниях на беговых барабанах.

В работе [3] приведена новая методика расчета расхода топлива, основанная на определении 4 коэффициентов полезного действия: индикаторного и механического КПД двигателя, КПД трансмиссии и колесного механизма (колеса и подвески).

В работе [4] предлагается использовать новый метод расчета расхода топлива в процессе диагностирования на стенде с беговыми барабанами, а в работе [5] приведен метод диагностирования по индикаторному расходу топлива в отдельных агрегатах автомобиля.

### Цель и постановка задачи

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

Для достижения этой цели были предложены математические зависимости и алгоритм расчета индикаторного расхода топлива и коэффициентов полезного действия автомобиля по агрегатам (индикаторный и механи-

ческий КПД двигателя, трансмиссии и подвески автомобиля).

### Материалы и результаты исследования

Зная массу автомобиля, дорожно-транспортные условия работы, расход и плотность используемого топлива, можно определить общий КПД автомобиля по формуле

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

где  $M_a$  – масса автомобиля, кг;  $K_d$  – коэффициент дорожных условий эксплуатации;  $H_n$  – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $\rho_T$  – плотность топлива, г/см<sup>3</sup>;  $Q$  – расход топлива, л/100 км.

При общем диагностировании автомобиля целесообразно определять два КПД: КПД эффективный двигателя ( $\eta_i \cdot \eta_m$ ) и КПД ходовой части автомобиля (произведение КПД трансмиссии и подвески –  $\eta_T \cdot \eta_n$ ).

Зависимость (1) предлагается использовать для оценки эффективности работы автомобиля на дороге.

Исходные данные:

К расчетным исходным данным относятся следующие данные: масса автомобиля ВАЗ-21104  $M_a = 1515$  кг, объем цилиндров двигателя  $V_h = 1,596$  л, ход поршня  $S_n = 0,0756$  м, передаточное число главной передачи  $i_0 = 3,937$ , радиус колеса  $r_k = 0,310$  м, фактор обтекаемости  $kF = 0,026 \cdot V_a^2$  Н·с<sup>2</sup>·м<sup>-2</sup> и мощность двигателя  $N_a = 65,5$  кВт при 5000 мин<sup>-1</sup>.

Расчетные формулы:

Значения усилий  $P_k$ , подведенных к колесам

$$P_k = \frac{0,8 \cdot G_a}{V_a} + 0,029 \cdot V_a^2, \text{ Н}, \quad (2)$$

где  $G_a$  – вес автомобиля, Н.

Среднее эффективное давление

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

где  $V_h$  – рабочий объем двигателя, л;  $i_0$  – передаточное число главной передачи;  $\eta_T$  – КПД трансмиссии;  $i_k$  – средневзвешенное

передаточное число коробки передач.

Если принять для ВАЗ-21104 [1, 5]  $a_n = 43$  кПа,  $b_n = 13$  кПа·с·м<sup>-1</sup>, ход поршня  $S_n = 0,0756$  м, и  $n = 2500$  мин<sup>-1</sup>, тогда механические потери в двигателе определяются по формуле

$$P_M = (a_n + b_n \cdot 2S_n \cdot n / 60) = \text{кПа}, \quad (4)$$

$$= (a_n + 0,033 \cdot b_n \cdot S_n \cdot n),$$

где  $a_n$  и  $b_n$  – постоянные для данного двигателя коэффициенты,  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>,  $S_n$  – ход поршня, м.

$$P_M = (43 + 0,033 \cdot 13 \cdot 0,0756 \cdot 2500) = \text{кПа}.$$

$$= (43 + 81,1) = 124,1,$$

При более высоких частотах вращения коленвала и  $i_k = 0,941$

$$P_M = (43 + 0,033 \cdot 13 \cdot 0,0756 \times$$

$$\times \frac{2,65 \cdot V_a \cdot 3,937 \cdot 0,941}{0,31}) = 43 + 1,03 \cdot V_a. \quad [6]. \quad (5)$$

Среднее индикаторное давление  $P_i$ , кПа

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

Коэффициент корректировки

$$K_P = \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k} = 0,00496 \cdot i_k, \text{ л}^2/\text{Н} \cdot \text{м}^2. \quad (7)$$

КПД трансмиссии автомобиля

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

Передаточное число КПП

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

КПД индикаторный

$$\eta_i \approx 0,35\alpha, \quad (10)$$

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

где  $N_1$  – процент использования мощности,

%.

Для бензиновых инжекторных ДВС

$$\eta_i = 0,35(0,85 + 0,00337N_1) =$$

$$= 0,298 + 0,00118N_1. \quad (12)$$

Процент использования мощности определяем по формуле

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

где  $N_{e_{\max}}$  – максимальная мощность двигателя, кВт.

КПД механический

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

КПД эффективный

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

КПД подвески

$$\eta_{\Pi} = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_H \cdot \rho_T \cdot \eta_i \cdot \eta_M \cdot \eta_T \cdot Q}. \quad (16)$$

Общий КПД автомобиля

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_M \cdot \eta_T \cdot \eta_{\Pi}. \quad (17)$$

На рис. 1 приведены графики изменения частных и общего КПД автомобиля и агрегатов в зависимости от средней технической скорости.

Для расчета расхода топлива автомобиля ВАЗ-21104 мы получили расчетную формулу

$$Q = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_H \cdot \rho_T \cdot \eta_a} = \frac{0,605}{\eta_a}. \quad (18)$$

Графическая зависимость расхода топлива от скорости движения для автомобиля ВАЗ-21104 приведена на рис. 2.

В табл. 1 приведены расчетные значения потерь, расхода топлива и КПД автомобиля и агрегатов.

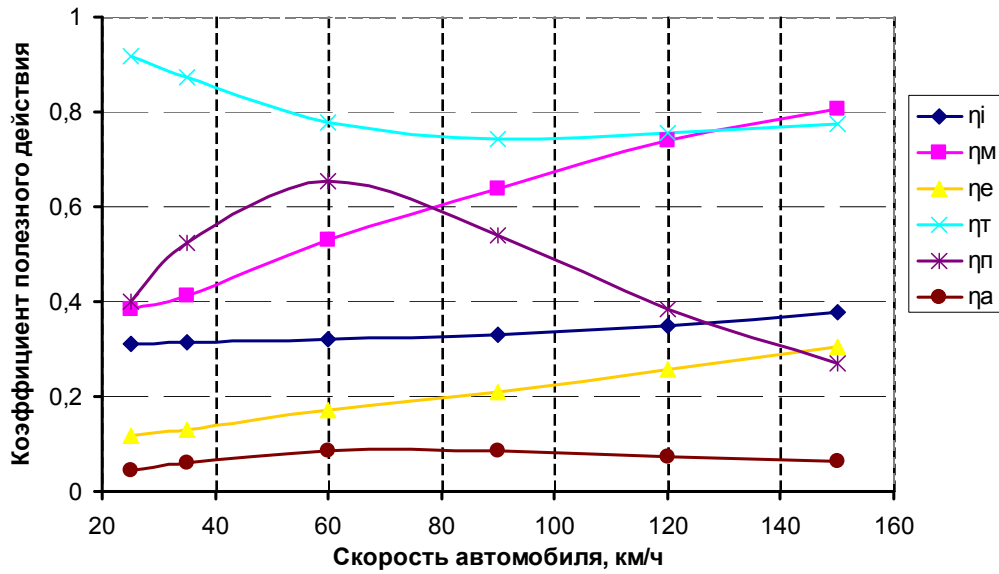


Рис. 1. Зависимость частных и общего КПД автомобиля и агрегатов

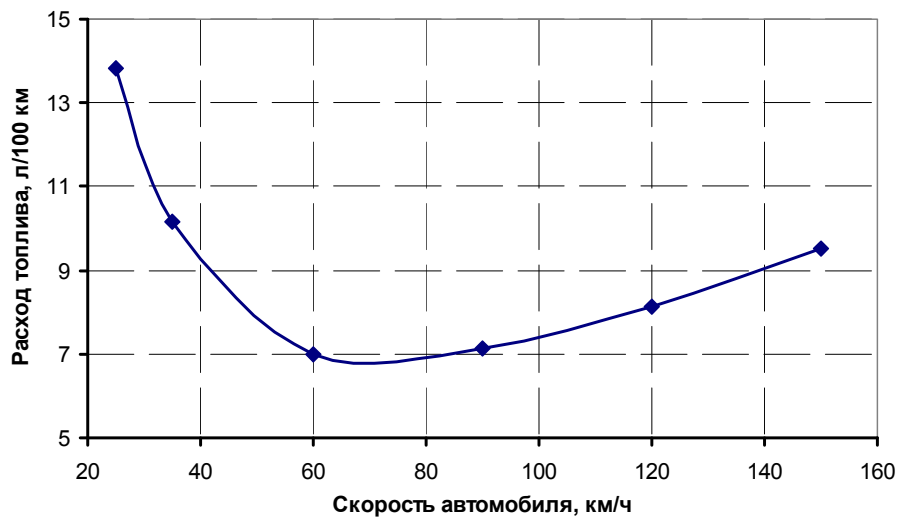


Рис. 2. Зависимость расхода топлива автомобиля ВА3-21104

Таблица 1 Расчетные данные изменения частных и общего КПД автомобиля при увеличении скоростей в диапазоне 25–150 км/ч

$V_a$ , км/ГОД	$P_k$ , Н	$P_e$ , кПа	$P_{mp}$ , кПа	$P_b$ , кПа	$Q$ , л/100 км	$\eta_i$	$\eta_m$	$\eta_e$	$\eta_t$	$\eta_p$	$\eta_a$
25	493,7	77,75	124,1	201,85	<b>13,83</b>	0,310	0,384	0,119	0,917	0,401	0,044
35	375,2	87,00	124,1	211,10	<b>10,17</b>	0,315	0,413	0,130	0,872	0,524	0,059
60	302,6	134,61	124,1	258,71	<b>6,99</b>	0,320	0,531	0,170	0,779	0,654	0,087
90	367,0	256,45	135,7	392,15	<b>7,15</b>	0,331	0,637	0,211	0,744	0,539	0,085
120	516,7	475,00	166,6	641,60	<b>8,13</b>	0,349	0,739	0,258	0,754	0,383	0,074
150	731,8	819,19	197,5	1016,69	<b>9,52</b>	0,378	0,807	0,305	0,774	0,269	0,064

### Выводы

Общая оценка технического состояния автомобиля может выполняться по экспериментально-расчетным данным расхода топлива. Индивидуальная оценка технического состояния агрегатов должна оцениваться по частным КПД и индикаторному расходу топлива.

### Литература

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Х.: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Кривошапов С.І. Розробка методики та алгоритму загального діагностування автомобілів за зміною коефіцієнта корисної дії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.10 / С.І. Кривошапов. – Х.: ХГАДТУ, 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. – 2004. – Вып. 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. – 2009. – Вып. 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 // Транспорт экология – устойчивое развитие: материалы XVI научно-технической конференции с международным участием. – Варна: ТУ, 2010. – С. 442–450.
6. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивнин и др.; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

Рецензент: В.Д. Мигаль, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 14 августа 2015 г.