

МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО И СТЕНДОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Н.Я. Говорушенко, профессор, д.т.н., Ю.В. Горбик, инженер, ХНАДУ

***Аннотация.** Разработана принципиально новая энергетическая модель диагностирования расхода топлива, позволяющая просто и доступно оценивать общее состояние машин и их отдельных агрегатов по замеру и анализу частных и общих КПД агрегатов.*

***Ключевые слова:** автомобиль, диагностика, индикаторный расход топлива, КПД, условия работы.*

МЕТОДИ СИСТЕМНОГО РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНОГО Й СТЕНДОВОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

М.Я. Говорушенко, професор, д.т.н., Ю.В. Горбик, інженер, ХНАДУ

***Анотація.** Розроблено принципово нову енергетичну модель діагностування витрати палива, що дозволяє просто й доступно оцінювати загальний стан машин, а також окремих агрегатів за виміром й аналізом окремих і загальних ККД агрегатів.*

***Ключові слова:** автомобіль, діагностика, індикаторна витрата палива, ККД, умови роботи.*

METHODS OF SYSTEM CALCULATION-ANALYTICAL AND STAND DIAGNOSTICATING OF PASSENGER VEHICLES

M. Govoruschenko, professor, dr. eng. sc., Yu. Gorbik, engineer, KhNAHU

***Abstract.** The new power model for fuel expense diagnosticating is developed on the principle that allows to estimate the general state of vehicles in a simple and accessible way as well as particular units for measuring and analysis of private and general efficiency of machines.*

***Key words:** vehicle, diagnostics, indicated fuel consumption, performance, environment.*

Введение

В транспортной системотехнике особое внимание уделяется построению математических моделей и количественным оценкам различных свойств и характеристик отдельных подсистем. Основным физическим объектом являются транспортные машины, работающие в специфических дорожных, транспортных, атмосферно-климатических и других условиях. Современные специалисты должны уметь грамотно планировать и решать проблемы использования транспортных машин, экономии топлива и снижения токсичности и повышения безопасности дорожного движения.

В этой статье мы предлагаем рассмотреть разработку принципиально новой энергетической модели диагностирования по расходу топлива ранее мало исследованную.

Цель и постановка задачи

При создании новых видов транспортных машин широко используются экспериментальные и инженерные расчетные методы. Экспериментальные исследования очень дорогие, пробеги автомобилей при дорожных испытаниях достигают 10...15 тыс. км, точность испытаний колеблется в пределах $\pm 15...10\%$. Длительные исследования в заданных условиях работы практически невоз-

можны. По этим причинам расчетные методы исследований, базирующиеся на достоверной теории и верных теоретических моделях, имеют ряд преимуществ, т.к. в них отсутствуют случайные факторы, нестабильность дорожно-транспортных условий, влияние профессиональных качеств водителей и др. Поэтому в настоящее время на автомобильном транспорте необходимо основное внимание уделять не экспериментальным исследованиям в дорожных условиях, а простым расчетным методам и испытанию автомобилей на специальных стендах в лабораторных условиях. Диагностирование технического состояния автомобилей следует выполнять на стендах с беговыми барабанами при скоростях ~ 35 км/ч, при которых не нужно учитывать потери топлива на преодоление сопротивления воздуха. Общая оценка технического состояния автомобиля должна выполняться по экспериментально-расчетным данным расхода топлива. Индивидуальная оценка технического состояния агрегатов должна оцениваться по частным КПД и индикаторному расходу топлива.

Расчетные модели диагностирования автомобилей

Схематически изменение топливно-энергетического баланса автомобиля представлено на рис. 1. Из рисунка видно, что из 100 % энергии топлива примерно 33 % затрачивается на выпуск и 35 % – на охлаждение. Индикаторный расход составляет ~ 32 %. Из 32 % оставшегося топлива около 10% затрачивается на насосные и механические потери в двигателе. На эффективную мощность расходуется около 22,0 % топлива, на транспортную полезную работу (преодоление уклонов, сопротивления воздуха и разгон-торможение) затрачивается 8,5 %. Общий КПД автомобиля в средних условиях работы равен примерно 0,062...0,065. В общем виде

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_T \cdot \eta_n = \frac{N_i}{H_n \cdot Q} \cdot \frac{N_e}{N_i} \cdot \frac{N_n}{N_e} \cdot \frac{N_d}{N_n} = \frac{N_d}{H_n \cdot Q} = \frac{100 \cdot P_d}{H_n \cdot \rho_T \cdot Q} = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_n \cdot \rho_T \cdot Q} \quad (1)$$

Из исходного выражения можно получить уравнение общего расхода топлива (л/100 км), которое можно записать так:

$$Q = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_a} = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_T \cdot \eta_n} \quad (2)$$

где M_a – масса автомобиля в кг; K_d – коэффициент качества дорожно-транспортных условий работы в м/с^2 ; H_n – низшая теплота сгорания в кДж/л; η_a – общий КПД автомобиля.

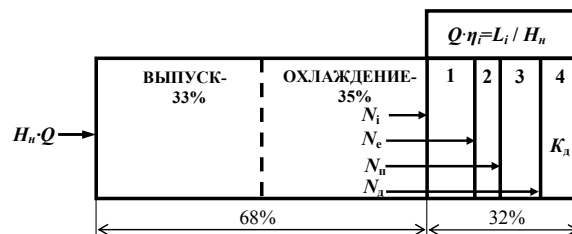


Рис. 1. Схема топливно-энергетического баланса бензинового автомобиля: 1 – механические и насосные потери в двигателе – 10 %; 2 – потери в трансмиссии – 3,0 %; 3 – потери в подвеске – 10,5 %; 4 – затраты на транспортную работу – 8,5 %

Уравнение индикаторного расхода топлива запишется таким образом:

$$Q_i = Q \cdot \eta_i = \frac{100 \cdot M_a \cdot K_d}{H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_m \cdot \eta_T \cdot \eta_n} \quad (3)$$

На качество дорожно-транспортного движения оказывает величина профиля дороги (i), количество перекрестков и поворотов, плотность и интенсивность движения, разгоны и торможения. Значительное влияние на качество движения автомобиля оказывают профессиональные качества водителя.

Выполненные экспериментальные исследования [1] по замеру «шума ускорения» (K_d) на дорогах США показывают, что на дорогах с низкой интенсивностью движения и высокими средними скоростями $K_d \approx 0,1 \text{ м/с}^2$, на магистральных дорогах $0,12^{\pm 0,01} \text{ м/с}^2$ и на дорогах с плохим покрытием $\sim 0,44 \text{ м/с}^2$, на загородных дорогах – $0,24 \dots 0,40 \text{ м/с}^2$.

В работе [2] приведена окончательная формула для вычисления K_d (м/с^2) при движении автомобиля в разных дорожных условиях

$$K_d \approx \left(\frac{3,14}{V_a} + \frac{0,077 \cdot kF \cdot V_a^2}{M} + \delta \cdot \dot{V} \right) \quad (4)$$

Из приведенной зависимости следует, что K_d снижается при изменении уклонов дороги (i),

при снижении скоростей и увеличении массы автомобиля.

С учетом высказанных выше замечаний нами для расчетных исследований K_d принят постоянным и равным 0,13, который соответствует принятым в проведенных расчетах режиму движения с постоянной скоростью.

Рассмотрим алгоритм расчета частных КПД на примере автомобиля ГАЗ-31029. В самом общем виде выражение для расчета расхода топлива можно записать так [2]:

$$Q = \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{H_i \cdot \rho_T \cdot r_k} \cdot \frac{P_e}{\eta_e} \text{ или} \quad (5)$$

$$\frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{H_i \cdot \rho_T \cdot r_k} \cdot \frac{P_i}{\eta_i} \text{ л/100 км.} \quad (6)$$

При $i_k = 60/V_a$ последние формулы запишутся следующим образом:

$$Q = \frac{7,95 \cdot 2,44 \cdot 3,9 \cdot 60}{44000 \cdot 0,74 \cdot 0,31 \cdot V_a} \cdot \frac{P_e}{\eta_e} = \frac{0,449}{V_a} \cdot \frac{P_e}{\eta_e} =$$

$$\frac{0,449}{V_a} \cdot \frac{P_i}{\eta_i} = K_p \cdot \frac{P_i}{\eta_i}, \text{ л/100 км,}$$

где K_p – расчетный коэффициент для данного автомобиля.

В табл. 1 для каждой категории дорог приведены значения усилий P_k , подведенных к колесам. Зная эти усилия, можно определить среднее эффективное давление по формуле

$$P_e = 12,56 \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_T} \cdot P_k, \text{ кПа.} \quad (7)$$

Таблица 1 Расчетные данные для трех категорий дорог на примере автомобиля ГАЗ-31029

V_a , км/ч	P_k , Н	P_e , кПа	P_M , кПа	P_i , кПа	Q , л/100 км	η_i	η_m	η_e	η_T	η_n	η_a
60	367,68	186,19	143,6	329,79	7,6	0,325	0,564	0,183	0,808	0,568	0,084
35	412,67	111,84	143,6	255,44	10,1	0,324	0,438	0,142	0,881	0,506	0,063
26	512,7	98,92	143,6	242,52	13,3	0,315	0,406	0,128	0,917	0,410	0,048

Для определения КПД индикаторного надо определить среднее индикаторное давление P_i кПа, которое складывается из среднего давления механических потерь на трение в двигателе P_n и среднего эффективного да-

вления P_e . Механические потери в двигателе определяются по формуле [3]

$$P_M = (a_n + b_n \cdot W_n), \quad (8)$$

где a_n и b_n – постоянные для данного двигателя коэффициенты; W_n – средняя скорость поршня в м/с.

Если известны ход поршня S_n и частота вращения коленвала n мин⁻¹, тогда

$$P_M = (a_n + b_n \cdot 2S_n \cdot n/60) =$$

$$= (a_n + 0,033 \cdot b_n \cdot S_n \cdot n), \text{ кПа.} \quad (9)$$

Если принять для ГАЗ-31029 [2, 3] $a_n = 45$ кПа, $b_n = 13$ кПа·с·м⁻¹, ход поршня $S_n = 0,092$ м и $n = 2500$ мин⁻¹, тогда при

$$P_M = (45 + 0,033 \cdot 13 \cdot 0,092 \cdot 2500) =$$

$$(45 + 98,6) = 143,6 \text{ кПа.}$$

При более высоких частотах вращения коленвала и $i_k = 1$ [2]

$$P_M = 45 + 1,31 \cdot V_a. \quad (10)$$

КПД трансмиссии автомобиля самый высокий и изменяется в пределах – 0,8...0,95. КПД трансмиссии рассчитываем по формуле

$$\eta_T = \frac{P_k}{(1,3 \cdot V_a + 1,025 \cdot P_k)}. \quad (11)$$

КПД подвески также можно определить по расходу топлива по формуле

$$\eta_n = \frac{100 \cdot 1600 \cdot 0,13}{H_i \cdot \rho_T \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_T \cdot Q}. \quad (12)$$

Расчет общего расхода топлива выполняется по формуле

$$Q = K_p \cdot \frac{P_i}{\eta_i} = K_p \cdot \frac{P_e}{\eta_e} \text{ л/100 км.} \quad (13)$$

На рис. 2, используя данные табл. 1, построен график расчетно-аналитического диагностирования агрегатов автомобиля ГАЗ-31029.

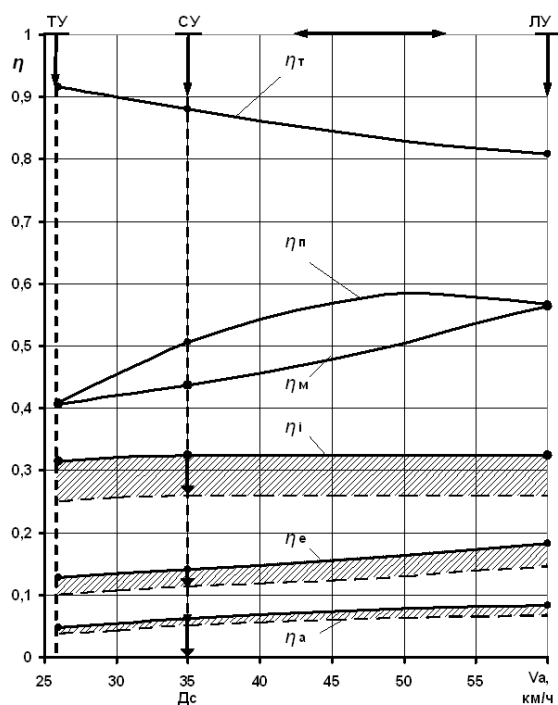


Рис. 2. График расчетно-аналитического диагностирования агрегатов автомобилей: η_t — в трансмиссии; η_p — в подвеске, η_i и η_e — в двигателе; η_a — общий КПД; штрихпунктирные линии — снижение η_e и η_a при снижении η_i до 0,26

Этот график позволяет достаточно объективно ставить диагноз по изменению КПД в отдельных агрегатах.

Выводы

На базе предложенной методики расчетно-аналитического диагностирования агрегатов автомобилей можно создать принципиально новую и более совершенную методику диагностирования автомобилей.

Литература

1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. — М.: Транспорт, 1972. — 424 с.
2. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Систематехника проектирования транспортных машин. — Х: ХНАДУ, 2004. — 205 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. — 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1983 — 372 с.

Рецензент: В.Г. Кухтов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 31 августа 2009 г.