

УДК 629.113.004



С. І. Кривошапов

## МЕТОД НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ДЛЯ МАШИН ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

У статті розглянуто питання подальшого вдосконалення методики нормування витрат пального транспортними машинами. Розроблено метод наближеного оцінювання паливної економічності автомобілів шляхом оброблення статистичної інформації про їх технічні параметри. Розглянуто приклад нормування пального для автомобілів підвищеної прохідності.

*К л ю ч о в і с л о в а:* витрата пального, нормування, умови експлуатації, статистичне оброблення, регресійний аналіз, вантажні машини, транспорт.

**Постановка проблеми.** Витрата пального є узагальнюючим показником досконалості конструкції автомобіля, умов експлуатації та кваліфікації водія і може бути діагностичним показником загального стану автомобіля. При діагностуванні автомобіля за паливною економічністю необхідно виміряне значення витрати пального порівнювати з нормативними показниками. Однак в довідковій літературі відсутні нормативні значення витрати пального в літрах на 100 км за марками автомобілів. Заводи-виробники в технічних даних зовсім не вказують норми експлуатаційної витрати пального або наводять завищені значення паливної економічності автомобіля.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Основним нормативним документом, що визначає облік і списання паливно-мастильних матеріалів, є наказ Міністерства транспорту України № 43 від 10 лютого 1998 р. зі змінами і доповненнями, останні з яких містяться у наказі Міністерства інфраструктури України № 36 від 24 січня 2012 р. [1]. Основним недоліком методики, введеної цими наказами, є те, що значення базової норми витрати пального встановлене індивідуально для кожної марки автомобіля, а кількість моделей дуже обмежена.

Існують розрахункові методи визначення витрати пального автомобілями. У різні роки вченими, такими як Н. А. Бухарін, М. Я. Говорущенко, В. В. Масковкін, А. Г. Бездомов, А. В. Дмитрієвський та інші, були визначені аналітичні залежності для розрахунку витрати пального [2].

Заслужують на увагу праці проф. Н. Я. Говорущенко. Він запропонував аналітичні залежності розрахунку витрати пального, які зв'язують основні конструктивні та експлуатаційні параметри автомобіля, властивості пального і умови експлуатації машин [3]. Пізніше були створені інші методики розрахунку витрати пального: з використанням ККД автомобіля і шуму прискорення [4] та за індикаторною витратою пального в окремих агрегатах автомобіля [5].

Всі ці методики з різним ступенем точності дозволяють розраховувати споживання пального автомобілями в умовах експлуатації. Однак для цього необхідні вихідні дані, що потребує доступу до технічної інформації заводу-виробника або довідкових ресурсів.

**Метою статті** є вдосконалення методики визначення норми витрати пального за технічною інформацією, що міститься у документації на автомобіль. Для цього потрібно визначити мінімальну кількість факторів, що впливають на витрату пального, та встановити між ними взаємозв'язок.

**Моделювання витрати пального.** У праці [6] введено поняття коефіцієнта корисної дії автомобіля – узагальнюючого показника для оцінювання ефективності конструкції автомобіля та умов його експлуатації. ККД автомобіля дорівнює відношенню потужності  $N_d$ , що витрачається на здійснення корисної роботи та підведена до дороги, до потужності  $N_T$ , яка підведена до автомобіля з паливом:



$$\eta_a = \frac{N_d}{N_T} \quad (1)$$

Потужність, яка підведена до дороги, визначається з балансу

$$N_d = N_i + N_w + N_j, \quad (2)$$

де  $N_i$ ,  $N_w$ ,  $N_j$  – потужності на подолання ухилу дороги, опору повітря та інерції автомобіля відповідно.

Вважатимемо усталеним режим руху автомобіля, тоді  $N_j = 0$ . Значення інших складових потужного балансу можуть бути отримані за такими виразами:

$$N_i = \frac{G_a \cdot i \cdot V_a}{3.6}; \quad N_w = \frac{k \cdot F \cdot V_a^3}{3.6^3} \text{ Вт}, \quad (3)$$

де  $G_a$  – вага автомобіля, Н;  $i$  – ухил дороги, %;  $k$  – коефіцієнт опору повітря, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $F$  – лобова площа автомобіля, м<sup>2</sup>;  $V_a$  – швидкість руху автомобіля, км/год.

Потужність, зосереджену у пальному, можна визначити через часову витрату ( $G_m$ , кг/год) та нижчу теплоту згоряння ( $H_n$ , кДж/кг) пального [2]:

$$N_3 = \frac{3.6}{H_n \cdot G_T} \text{ Вт}. \quad (4)$$

Своєю чергою годинну витрату пального можна визначити через шляхову витрату пального ( $Q$ , л/100 км), швидкість автомобіля ( $V_a$ , км/год) і густину пального ( $\rho_T$ , кг/л) за формулою:

$$G_T = 0.01 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot Q. \quad (5)$$

З урахуванням залежностей (2–4) остаточно коефіцієнт корисної дії автомобіля розраховується за формулою

$$\eta_a = \frac{100 \cdot (G_a \cdot i + 0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2)}{H_n \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (6)$$

Згідно з другим законом Ньютона вага автомобіля дорівнює добутку маси автомобіля  $M_a$  на прискорення вільного падіння  $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ . Винесемо  $M_a$  за дужку, а вираз в дужках позначимо через  $K_{ш} = g \cdot i + 0.077 \cdot k \cdot \frac{F}{M_a}$ , тоді формула (6) матиме такий вигляд:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (7)$$

З формули (7) можна визначити витрату пального

$$Q = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}. \quad (8)$$

У цій формулі добуток  $H_n \cdot \rho_m$  характеризує якість пального (бензин, дизельне пальне),  $K_{ш}$  – шум прискорення (якість умов руху),  $M_a$  – маса автомобіля (ступінь завантаження автомобіля),  $\eta_a$  – ККД автомобіля (досконалість конструкції автомобіля).

*Статистичний аналіз.* Визначення ККД автомобіля за методикою, викладеною у авторефераті дисертації [6], є складним, тому що потребує великої кількості параметрів автомобіля.

За даними статті [4] середнє значення шуму прискорення для вантажних автомобілів дорівнює  $0,11 \pm 0,01$ . Показник якості пального для бензину складає  $44000 \cdot 0,76 = 33440$ , для дизельного пального –  $43000 \cdot 0,84 = 36120$ , де значення  $H_n$  та  $\rho_m$  наведені за рекомендаціями, що містяться у праці [3].

Тоді за формулою (7) для автомобіля з бензиновим двигуном  $\eta_a = 3.37 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M_a}{Q}$ ; для автомобіля з дизельним двигуном  $\eta_a = 2.98 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M_a}{Q}$ .

Розрахуємо значення ККД автомобілів, для яких встановлена базова норма витрати пального згідно з методикою [1]. Масу автомобіля можна взяти з довідкового джерела [7]. Витрату пального  $Q$  вважатимемо базовою нормою витрати за методикою [1]. Результати розрахунку наведені у таблиці.

*Показники автомобілів підвищеної прохідності*

Марка і модель автомобіля	Колісна формула	Тип пального	Споряджена маса, кг	Витрата пального, л / 100 км	ККД автомобіля
ВАЗ-21214	4×4	Б	1150	10,3	0,038
УАЗ-3151	4×4	Б	1680	16,0	0,035
УАЗ-31517	4×4	Д	1710	11,0	0,046
ПАЗ-3201	4×4	Б	4860	36,0	0,045
УАЗ-2206	4×4	Б	1850	17,8	0,035
УАЗ-3303	4×4	Б	1650	10,4	0,053
ГАЗ-66	4×4	Б	3440	28,0	0,041
ЗІЛ-131	6×6	Б	6135	41,0	0,05
ЗІЛ-157	6×6	Б	5050	39,0	0,044
Урал-375	6×6	Б	8000	50,0	0,054
Урал-4320	6×6	Д	8025	32,0	0,075
КамАЗ-43105	6×6	Д	8230	31,0	0,079
КрАЗ-255Б1	6×6	Д	11170	42,0	0,049
КрАЗ-260	6×6	Д	11750	42,5	0,082
ЗІЛ-157КДВ	6×6	Б	5070	38,5	0,044
ЗІЛ-131НВ	6×6	Б	5955	43,5	0,046
Урал-4420	6×6	Д	7765	31,0	0,075
КрАЗ-260В	6×6	Д	10900	40,0	0,081
КАЗ-4540	4×4	Д	6610	38,0	0,052
Урал-5557	6×6	Д	9075	34,0	0,079
УАЗ-3962	4×4	Б	1850	18,3	0,034

Розрахунок показав, що значення ККД різних автомобілів змінюються незначно. Для автомобілів з бензиновим двигуном можливо прийняти  $\eta_a = 0.043$ , а с дизельним  $\eta_a = 0.072$ . Ефективність автомобілів з дизельним двигуном на 40 % вище, ніж с бензиновим.

Поширимо закономірність зміни ККД автомобілів, для яких визначена базова норма витрати пального, на автомобілі, для яких ця норма не визначена [1].

З формули (8) можна приблизно встановити витрату пального у л/100 км:

– для автомобіля з бензиновим двигуном  $Q = 7.83 \cdot 10^{-3} \cdot M_a$  ;

– для автомобіля з дизельним двигуном  $Q = 4.13 \cdot 10^{-3} \cdot M_a$  .

Наведені формули дозволяють приблизно розрахувати базову норму витрати пального, якщо вона не встановлена [1], знаючи тільки споряджену масу транспортного засобу.

### **Висновки**

Результати дослідження можуть бути використані у тому випадку, коли відсутня інформація щодо витрати пального на автомобіль. Статистичний підхід дає змогу наближено встановити базову норму витрати пального для автомобілів підвищеної прохідності.



**Список використаних джерел**

1. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Текст]. – К. : Мінтранс України, 1998. – 45 с.
2. Маяк, Н. М. Топливная экономичность автомобилей в сложных условиях движения [Текст] / Н. М. Маяк. – К. : Вища шк., 1990. – 215 с.
3. Говорущенко, Н. Я. Системотехника транспорта [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Х. : ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Говорущенко, Н. Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) [Текст] / Н. Я. Говорущенко, С. И. Кривошапов // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х. : ХНАДУ, 2004. – № 15.
5. Говорущенко, Н. Я. Методы диагностирования автомобилей по изменению общего и индикаторного расхода топлива и частных КПД в отдельных агрегатах [Текст] / Н. Я. Говорущенко, Ю. В. Горбик // Транспорт, экология – устойчивое развитие : XVI науч.-техн. конф. с междунар. участием, Варна : ТУ, 2010. – С. 442–450.
6. Кривошапов, С. І. Розробка методики та алгоритму загального діагностування автомобілів за зміною коефіцієнта корисної дії [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. – Х., ХДАДТУ, 1999. – 20 с.
7. Краткий автомобильный справочник [Текст] / А. Н. Понизовкин, Ю. М. Власко, М. Б. Ляликов и др. – М. : ТАНКСОСАЛТИНГ : НИИАТ, 1994. – 779 с.

*Стаття надійшла до редакції 15.03.2017 р.*

**УДК 629.113.004**

**С. И. Кривошапов**

**МЕТОД ПРИБЛИЖЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА  
ДЛЯ МАШИН ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ**

*В статье рассмотрен вопрос дальнейшего совершенствования методики нормирования расхода топлива транспортных машин. Разработан метод приближенной оценки топливной экономичности автомобилей путем обработки статистической информации о их технических параметрах. Рассмотрен пример нормирования топлива для автомобилей повышенной проходимости.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: расход топлива, нормирование, условия эксплуатации, статистическая обработка, регрессионный анализ, грузовые машины, транспорт.*

**UDC 629.113.004**

**S. I. Krivoshepov**

**THE METHOD OF APPROXIMATE DETERMINATION OF THE FUEL CONSUMPTION  
RATE FOR OFF-ROAD VEHICLES**

*In the article the question of the further perfection of a technique of rationing of the fuel consumption of transport vehicles is considered. A method is developed for an approximate evaluation of the fuel efficiency of cars on processing statistical information on the technical parameters of a car. An example of fuel rationing for off-road vehicles is considered.*

*K e y w o r d s: fuel consumption, rationing, operating conditions, statistical processing, regression analysis, trucks, transport.*

**Кривошапов Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. Н. Я. Говорущенко Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.