

УДК 629.113.004

**ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА
ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В СЛОЖНЫХ
ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Кривошапов С.И., канд. техн. наук

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Проанализированы условия работы машин лесного хозяйства и методы их учета. Указаны недостатки действующей на Украине методики нормирования расхода топлива и предложены пути ее совершенствования, где более полно учитывались режимы работы машин с пониженными скоростями. Приведены

примеры расчета расхода топлива машин в сложные дорожные условия эксплуатации.

Введение. Машины лесной промышленности работают в крайне сложных условиях, где состояние дорожного полотна неудовлетворительное, а в некоторых условиях и полностью отсутствует. В таких условиях значительное время машины эксплуатируются с пониженными скоростями, что приводит к повышению расхода топлива. К сожалению, в Украинском законодательстве не достаточно уделяется внимание определению эксплуатационных показателей машин, работающих в сложных условиях эксплуатации.

Анализ литературных источников. В 1998 году приказом № 43 Министерством транспорта на Украине введено в действие нормы расхода горюче-смазочных материалов на автомобильном транспорте [1]. В соответствии с этим документом введено понятие «тяжелых» и «сверхтяжелых» условий эксплуатации. Под тяжелыми условиями эксплуатации понимается движение машин в карьерах, по полям, на лесных или степных участках, по пересеченной местности. В этих условиях расход топлива предлагается увеличивать до 20 %. Сверхтяжелые дорожные условия – это движение в период сезонного бездорожья, снежных или песчаных заносов, сильного снегопада и гололедицы, паводков и других стихийных бедствий. Если такие условия застали на дорогах общего пользования, то расход топлива увеличивается до 35 %, а вне пределов дороги общего пользования и когда скорость снижается менее 20 км/ч, то надбавка увеличена до 50 %. Документ не дает количественную или качественную оценку дорожных условий эксплуатации.

В работе проф. Кузнецова Е.О. [2] дорожные условия, характеризуемые дорожным покрытием, разделены на 6 типов, 4 из которых относятся к переходным дорогам или дорогам без твердого покрытия. Тип дорожного покрытия, рельеф местности и условие движение определяют категорию дорог (условие эксплуатации). На дорогах IV и V категорий [3] расход топлива повышается на 20 % для АТС в снаряженном состоянии без груза и на 40 % для АТС с полной или частичной загрузкой автомобиля, а в чрезвычайных климатических и тяжелых дорожных условиях x – до 50 %. Оценка категории дорог производится по качественным показателям дорожного полотна.

Проф. Говорущенко Н.Я. также вводил 5 категорий условий эксплуатации, которые учитывали дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культура труда [4]. Основным критерием выбора категории было принята средняя техническая скорость. В работе приведены аналитические зависимости расчета средней скорости движения при изменении основных показателей дорожных условий эксплуатации, таких как коэффициент суммарного дорожного сопротивления, продольный укол дороги, степень ровности дороги и др. На дорогах 4-ой категории средняя техническая скорость автомобиля составляла 0.53 от крейсерской скорости, а на дороге 5-ой категории – 0.46. Для автомобиля ЗИЛ-431410 крейсерская скорость соответствует 60 км/ч,

тогда на дорогах 4 категории средняя скорость равна 31 км/ч, а на 5 категории – 27 км/ч. При этом расход топлива для 4 категории дорог прилагалось увеличивать на 50 %, а для 5 категории дорог – до 70 %.

В работе [5] дополнительно введены 6-я и 7-я категории эксплуатации. По критерию мощностного фактора, равного произведению скорости движения на коэффициент суммарного дорожного сопротивления, дороги делились на легкие, средние и тяжелые. Для средних условий установлена скорость движения, которая составляет 20 км/ч, а для тяжелых – 14 км/ч.

Использование средней технической скорости движения транспортного средства и параметров, характеризующих воздействия дороги на колеса автомобиля, позволяет количественно оценивать сложность условий эксплуатации.

Цели и задачи исследования. Целью данной работы является оценка эксплуатационного расхода топлива при движении транспортных машин на малых скоростях в сложных дорожных условиях. А также сравнение полученных теоретических результатов с нормативными значениями эксплуатационного расхода топлива.

Математическая модель. Исходное уравнение для расчета базовой нормы расхода топлива [4]:

$$H = \frac{1}{\eta_i} \left[A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot \left(G_0 \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2 \right) \right] \text{ л/100 км,} \quad (1)$$

где η_i – индикаторный КПД двигателя; G_0 – вес автомобиля в снаряженном состоянии, Н; ψ – суммарное дорожное сопротивление; kF – фактор обтекаемости, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-2}$; V_a – скорость движения автомобиля, км/ч; i_k – передаточное число коробки передач; A , B , C – коэффициенты конструкции автомобиля и качества топлива.

Коэффициент суммарного дорожного сопротивления и средневзвешенное передаточное число коробки передач изменяются от средней технической скорости:

$$\psi = \frac{0.01 \cdot V_{max}}{V_a} = \frac{K_1}{V_a}, \quad i_k = \frac{K_c \cdot V_{max} \cdot i_{kn}}{V_a} = \frac{K_2}{V_a}, \quad (2)$$

где V_{max} – максимальная скорость, км/ч; K_c – скоростной коэффициент, i_{kn} – передаточное число повышенной передачи коробки передач. Коэффициенты K_1 и K_2 – постоянные для каждой марки подвижного состава.

Например, для лесовоза КрАЗ-643701 можно принять: $V_{max} = 66$ км/ч, $i_{kn} = 0.87$, $K_c = 0.7$. Тогда $\psi = 0.6/V_a$ и $i_k = 40/V_a$.

Подставив формулы (2) в выражение (1) получим

$$H = \frac{1}{\eta_i} \left[A \cdot \frac{K_2}{V_a} + B \cdot \frac{K_2^2}{V_a^2} + C \cdot \left(G_0 \cdot \frac{K_1}{V_a} + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2 \right) \right]. \quad (3)$$

Коэффициенты A , B и C , входящие в формулу (1), определяются так

$$A = \frac{7.95 \cdot a_m \cdot V_h \cdot i_0}{H_n \cdot \rho_m \cdot r_k}, \quad B = \frac{0.69 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_n \cdot \rho_m \cdot r_k^2}, \quad C = \frac{100}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_{mp}}, \quad (4)$$

где a_m и b_m – коэффициенты механических потерь в двигателе; H_n – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; ρ_m – плотность топлива, г/см³; V_h – рабочий объем цилиндров двигателя, л; i_0 – передаточное число главной передачи; r_k – динамический радиус колеса, м.

Для автомобиля КраЗ-643701 значение коэффициентов А, В и С будет следующими:

$$A = \frac{7.95 \cdot 48 \cdot 14.86 \cdot 7.4}{43000 \cdot 0.84 \cdot 0.54} = 2.15;$$

$$B = \frac{0.69 \cdot 16 \cdot 14.86 \cdot 0.14 \cdot 7.4^2}{43000 \cdot 0.84 \cdot 0.54^2} = 0.12;$$

$$C = \frac{100}{43000 \cdot 0.84 \cdot 0.85} = 0.0033.$$

Индикаторный КПД двигателя принимаем постоянной величиной и для дизельного двигателя равным $\eta_i = 0.5$. Снаряженная масса автомобиля КраЗ-643701 составляет $M_0 = 12300$ кг, что соответствует весу - 120663 Н. Фактор обтекаемости для данного автомобиля можно принять равным 7.9 Н·с²·м⁻².

Подставим технические данные и расчетные показатели в формулу (3), получим зависимость базовой нормы расхода топлива автомобиля КраЗ-643701

$$H = \frac{1}{0.5} \left[2.15 \cdot \frac{40}{V_a} + 0.12 \cdot \frac{40^2}{V_a} + 0.0033 \cdot \left(120663 \cdot \frac{0.6}{V_a} + 0.077 \cdot 7.9 \cdot V_a^2 \right) \right] =$$

$$= \frac{1033}{V_a} + 0.004 \cdot V_a^2. \quad (5)$$

Согласно исследованиям [6] предложена следующая упрощенная зависимость расчета расхода топлива:

$$H_a = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}, \quad (6)$$

где произведение $H_n \cdot \rho_m$ характеризует качество топлива, $K_{ш}$ – качество дорожных условий, M_a – масса автомобиля, η_a – КПД автомобиля, показатель совершенства конструкции автомобиля.

Качество дорожных условий или шум ускорения вычисляется по формуле

$$K_{ш} = 0.4 \cdot g \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2 / M_a \quad \text{м/с}^2, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

С учетом зависимости (2) и (7) формула (6)

$$H_a = \frac{40 \cdot g \cdot M_a \cdot K_1}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a \cdot V_a} + \frac{7.7 \cdot kF \cdot V_a^2}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}. \quad (8)$$

Значение КПД автомобиля зависит от нагрузки и скорости автомобиля [7],

но мы в расчетах будем принимать величиной постоянной, равной 0.08. Тогда для автомобиля КрАЗ-643701 формула (8) расхода топлива примет вид

$$H_a = \frac{40 \cdot 9.81 \cdot 12300 \cdot 0.6}{43000 \cdot 0.84 \cdot 0.08 \cdot V_a} + \frac{7.7 \cdot 7.9 \cdot V_a^2}{43000 \cdot 0.84 \cdot 0.08} = \frac{930}{V_a} + 0.021 \cdot V_a^2. \quad (9)$$

Анализ и сравнение. На рис. 1 приведены две графические зависимости изменения расхода топлива лесовоза КрАЗ-643701, полученные по двум методикам – формулы (5) и (9).

В диапазоне скоростей от 5 до 20 км/ч две методики расчета расхода топлива показывают высокую корреляцию. При скоростях более 20 км/ч точность расчетов по формуле (9) снижается, поскольку в этой методике использовалось постоянное значение КПД автомобиля. Согласно исследованиям [7] значения КПД автомобиля в эксплуатационном диапазоне скоростей меняется в несколько раз. Максимальное значение КПД автомобиля достигает при высоких скоростях движения. В сложных условиях эксплуатации, при движении машины с пониженными скоростями (до 20 км/ч), этот показатель изменяется незначительно.

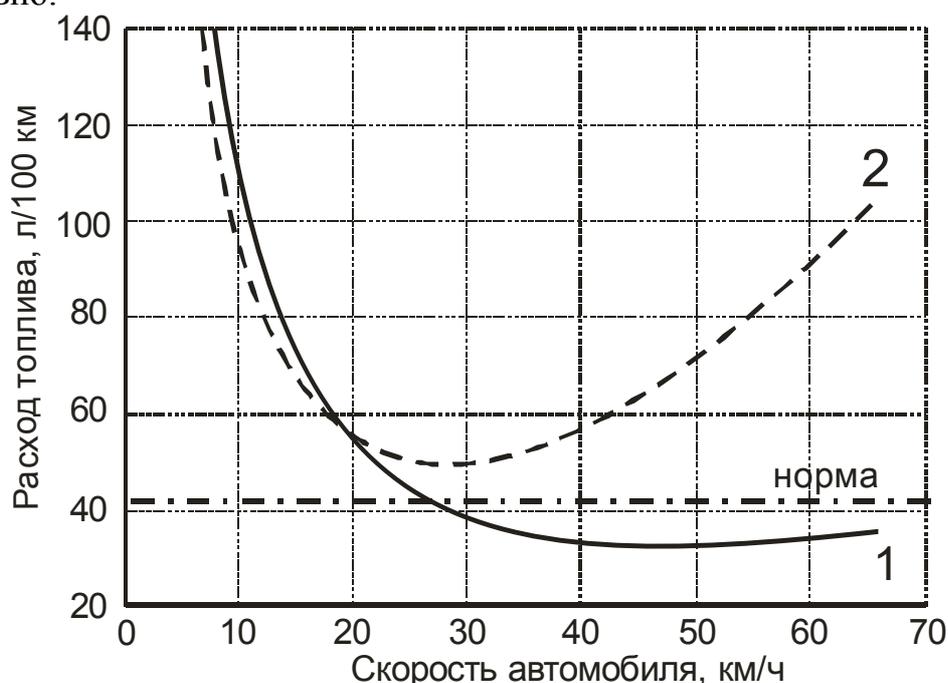


Рисунок 1. Изменение расхода топлива автомобиля КрАЗ-643701, которое получено по формулам (5) /кривая 1/ и (9) /кривая 2/

На рис. 1 указано нормированное значение базового расхода топлива, которое для автомобиля КрАЗ-643701 в снаряженном состоянии составляет 41.6 л/100 км [1]. Для этого автомобиля расчетный расход топлива и нормативное значение совпадают при скорости 27 км/ч. С уменьшением скорости движения расход топлива в л/100 км интенсивно возрастает, это объясняется удельной природой этого показателя. Как видно из рис. 2, при скорости 17 км/ч необходимо на 50 % скорректировать норму расхода топлива, при скорости 8 км/ч – на 100 %, а

при скоростях движения 5 км/ч необходимо в 4 раза увеличивать нормативные значения расхода топлива.

Высокая чувствительность путевого расхода топлива при малых скоростях движения требует высокой точности регистрации скорости движения транспортного средства, что не всегда возможно. В сложных и сверхсложных условиях необходимо сужать диапазоны скоростей вводимых надбавок к расходу топлива, увеличивая количество категорий условий эксплуатации.

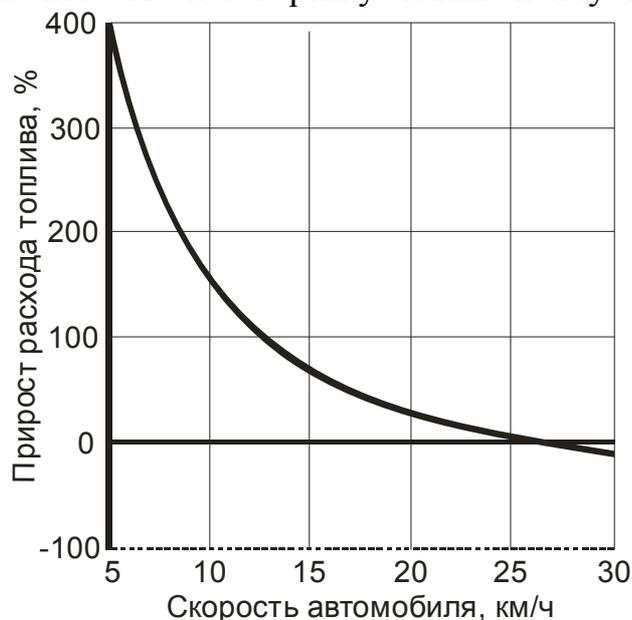


Рисунок 2. Относительное изменение эксплуатационного расхода топлива

Меньшей чувствительностью от скорости движения при малых скоростях обладает показатель часового расхода топлива. Перейти от путевого расхода к часовому можно по формуле

$$G = 0.01 \cdot H \cdot V_a \quad \text{л/ч.} \quad (10)$$

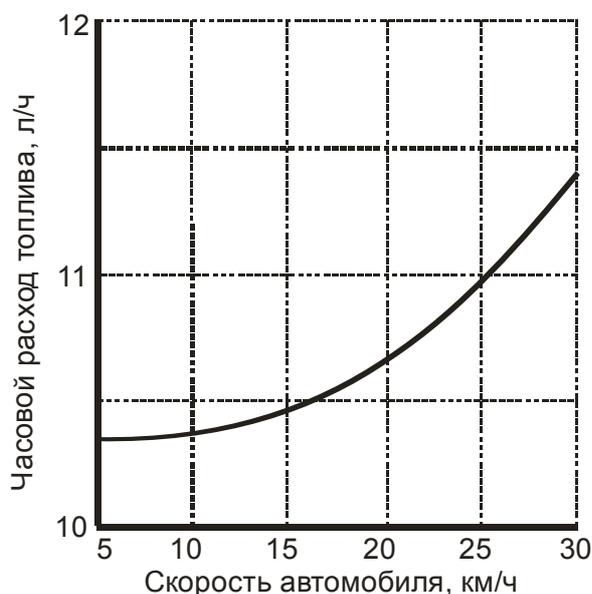


Рисунок 3. Изменение часового расхода топлива от скорости движения

Подставив в формулу (10) ранее полученную зависимость (5) расхода топлива получим выражение часового расхода топлива для автомобиля КраЗ-643701

$$G = 10.3 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot V_a^3. \quad (11)$$

На рис. 3 видно, что при изменении скорости движения от 5 до 30 км/ч часовой расход топлива изменяется не более чем на 10 %. Поэтому в сложных и сверхсложных условиях эксплуатации нормирование топлива целесообразнее производить в литрах на час работы машины. При увеличении скорости этот показатель, как видно из формулы (11), интенсивно возрастает. На средних и повышенных скоростях движения расход топлива целесообразно оценивать за единицу расстояния в л/100 км.

Выводы. Результаты исследований показали необходимость значительно увеличивать норму расхода топлива для машин, работающих в сложных дорожных условиях. А при эксплуатации машин в очень сложных условиях переходить от нормирования путевого расхода топлива к часовому расходу.

Список литературы

1. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте [электронный ресурс] // Налоги и бухгалтерский учет : Информационно-аналитическая газета. - Режим доступа : http://www.nibu.factor.ua/info/Zak_basa/NormiGSM/.
2. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов – М.: Наука, 2001. – 534 с.
3. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 г. № АМ-23-р [электронный ресурс] // Главбух : Бумажный и электронный журнал, сообщество, справочная система и онлайн-сервисы. — Режим доступа : <http://www.glavbukh.ru/doc/2126>.
4. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
5. Мастепан С.Н. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса транспортной машины с помощью детерминированных методов расчета : дис. ... канд. техн. наук; 05.22.20. / С.Н. Мастепан. – Харьков: ХНАДУ, 2006. – 167 с.
6. 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. - Харьков: ХНАДУ. - 2004. - № 15.
7. Кривошапов С.И. Разработка методики и алгоритма общего диагностирования автомобилей по изменению коэффициента полезного

действия : дис. ... канд. техн. наук; 05.22.10 / С.И. Кривошапов. – Харьков: ХГАДТУ, 1999. – 216 с.

Abstract

FEATURES RATIONING FUEL TRANSPORT VEHICLES OPERATING IN DIFFICULT ROAD CONDITIONS

Krivoshapov S.

The conditions operation of machines of forestry and methods of accounting. Disadvantages of existing methods of valuation fuel consumption in Ukraine and ways to improve it, where more responsive machine operation modes at reduced speed. Examples of the calculation of fuel consumption of cars in difficult road conditions of use.

Анотація

ОСОБЛИВОСТІ НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В СКЛАДНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ

Кривошапов С.І.

Проаналізовано умови роботи машин лісового господарства та методи їх обліку. Вказані недоліки діючої на Україні методики нормування витрат палива та запропоновано шляхи її вдосконалення, де більш повно враховувалися режими роботи машин із зниженими швидкостями. Наведені приклади розрахунку витрати палива машин в складні дорожні умови експлуатації.