

УДК 629.113

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Кривошапов С.И., канд. техн. наук

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Рассмотрены недостатки методики нормирования расхода топлива транспортных машин, действующей на Украине. Обоснован объект исследования ориентированный на потребности лесной промышленности. Проведен статистический анализ базовых норм расхода топлива бортовых автомобилей и седельных тягачей с дизельными двигателями. Выделены основные технические параметры машин, влияющие на топливную экономичность. Получены значения эмпирических коэффициентов для регрессионной модели и оценена точность моделирования.

Введение. Расходы на транспортировку запасов всеми видами транспорта к месту их использования входят в состав транспортно-заготовительных расходов, которые учитываются в себестоимость готовой продукции. Затраты на горюче-смазочные материалы в структуре себестоимость транспортной операции занимают 40-60 %. Величина потребления топлива на автомобильном транспорте значительно влияет на стоимость товара и услуг.

Особенность лесозаготовительного комплекса заключается в значительном удалении лесных угодий от места переработки древесины. При этом транспортировка лесоматериалов производится по слабоподготовленным дорогам, для которых характерны сложные дорожные условия, низкая скорость движения и повышенный расход топлива.

Анализ литературных источников. Министерство инфраструктуры Украины рекомендует производить учет потребления горюче-смазочных материалов по методике [1]. В соответствии с письмом [2], вышеуказанные нормы предназначены для предприятий всех форм собственности, которые эксплуатируют автомобили на территории Украины. Специальных норм для предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности на Украине не создавались.

Методика [1] имеет существенный недостаток. Для расчета расхода топлива на маршруте необходимо знать значение базовой нормы расхода топлива. Однако далеко не для всех марок и модификаций автомобилей определена такая норма. Согласно [1], при отсутствии значения базовой нормы расхода топлива необходимо обращаться ГП "ДержавтотрансНДІпроект", который на коммерческой основе дает соответствующее заключение сроком на один год.

Существуют методики расчета базовой нормы расхода топлива по математической модели. Большой вклад в детерминированные методы оценки топливной экономичности транспортных машин разработаны проф. Говорушенко Н.Я. [3]. В качестве исходных данных принимаются технические показатели автомобиля, предоставляемые заводом-изготовителем или другой справочной литературы, а также параметры, характеризующие свойства топлива и условий эксплуатации автомобилей. Сама модель включает расчет 10...15 дополнительных показателей, что усложняет алгоритм расчета.

Были разработаны упрощенные зависимости расчета расхода топлива [4] через коэффициент полезного действия автомобиля. Однако этот показатель эффективности не нашел широкого применения на автомобильном транспорте.

В работе [5] предложено значение базовой нормы расхода топлива определять методом статистического анализа данных, приведенных в методике [1]. Однако полученные там коэффициенты регрессионной модели не разграничивали автомобили по их типу и назначению.

Цели и задачи исследования. Целью исследования является проведение статистического анализа данных топливных характеристик грузовых автомобилей и получения параметров, на базе которых строится модель прогнозирования базовой нормы расхода топлива тех автомобилей, для которых данная информация не доступна.

Объект исследования. Наиболее распространенными типами транспортных машин, используемых на лесозаготовках, являются бортовые грузовые автомобили и седельные тягачи. Согласно [1] базовая норма расхода топлива этих автомобилей определяется без учета груза (снаряженная масса). Практически не используются самосвалы и фургоны. Преимущество отдается большегрузным автомобилям с дизельными двигателями.

Статистический анализ. На рис. 1-3 представлено распределение расхода топлива бортовых автомобилей (а) и седельных тягачей (б) в зависимости от снаряженной массы, мощности и рабочего объема двигателя. Данные базовой нормы расхода топлива взяты для тех автомобилей, значение которых определены в нормативе [1]. Недостающие данные массы и параметров двигателя добавлены из справочной литературы. Общий объем выборки составил 72 бортовых автомобилей и 141 седельных тягача. Объекты были сгруппированы по базовым маркам автомобиля, чтоб исключить влияние близких по модификации и схожих по характеристикам единиц подвижного состава. На графиках обозначена линия тренда, приведены коэффициенты линейной регрессии и оценена ошибка по квадрату коэффициента корреляции.

Наибольшее влияние на расход топлива оказывает снаряженная масса автомобиля. На графиках видно, что бортовые автомобили более

чувствительны к изменению параметров по сравнению с седельными тягачами.

Математическая модель. Нами принята линейная регрессионная модель. Тогда уравнение, связывающие конструктивные параметры автомобиля с базовой нормой расхода топлива, имеют следующий вид

$$Q_i = a_i + b_i \cdot X_i, \quad (1)$$

где a_i и b_i - коэффициенты полинома 1-й степени; X_i - конструктивный параметр автомобиля; i - номер параметра.

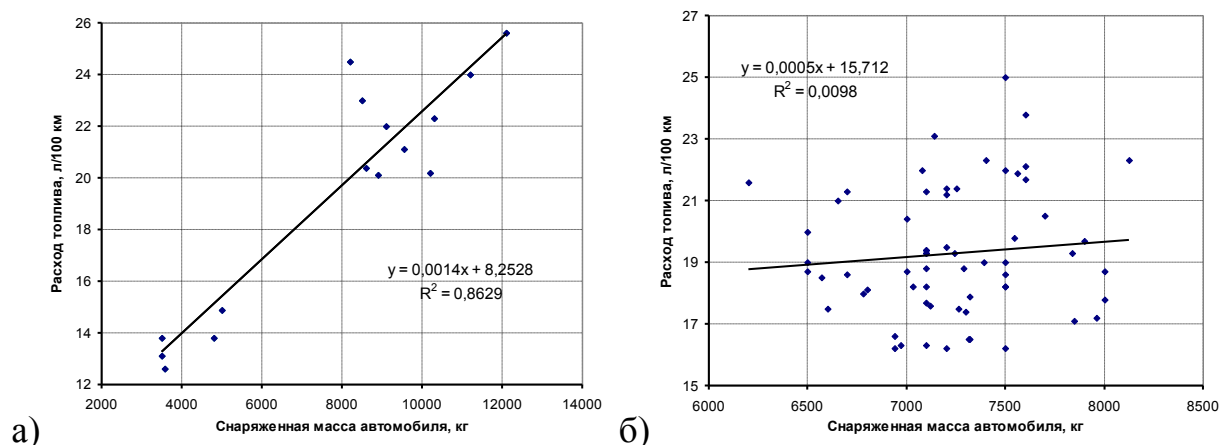


Рисунок 1 – Изменение базовой нормы расхода топлива от снаряженной массы для бортового автомобиля (а) и седельного тягача (б)

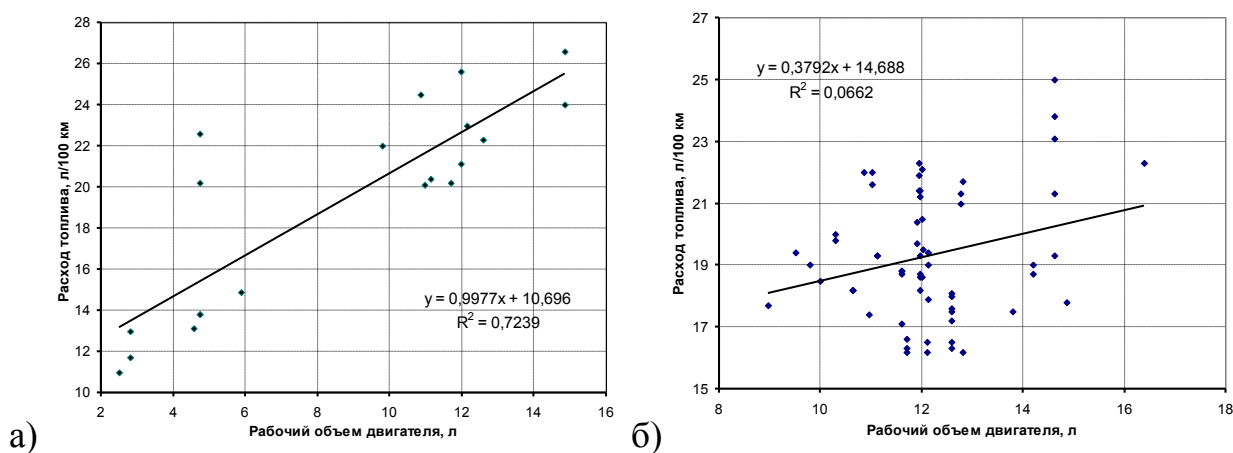


Рисунок 2 – Изменение базовой нормы расхода топлива от рабочего объема двигателя для бортового автомобиля (а) и седельного тягача (б)

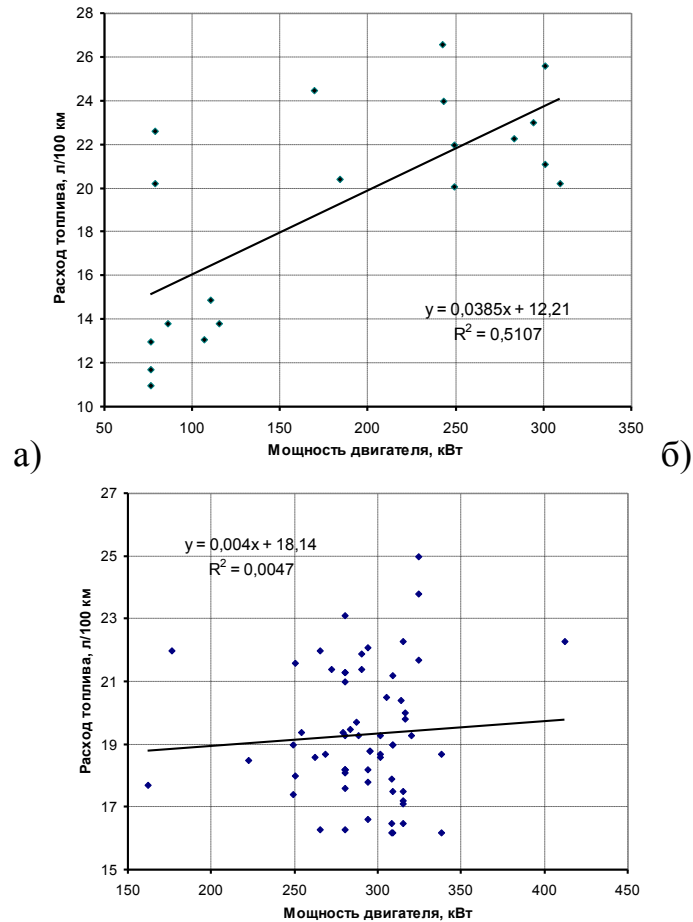


Рисунок 3 – Изменение базовой нормы расхода топлива от мощности двигателя для бортового автомобиля (а) и седельного тягача (б)

Принимаем допущение, что все параметры воздействуют на базовую норму расхода топлива пропорционально своему весу. Тогда

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n a_i + \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot X_i \quad (2)$$

В формуле (2) обозначим $A = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n a_i$ - значения базовой нормы расхода топлива при нулевых значениях параметров; $B_i = b_i/n$ - значение коэффициентов веса, влияния параметра на базовую норму расхода топлива.

Тогда общая формула расчета базовой нормы расхода топлива

$$Q = A + \sum_{i=1}^n B_i \cdot X_i \quad (3)$$

Наиболее предпочтительными параметрами являются для грузовых автомобилей: снаряженная масса автомобиля, рабочий объем двигателя и тип топлива. На основе статистических данных и регрессионного анализа из формулы (3) можно получить следующие упрощенные зависимости расчета базовой нормы расхода топлива

- для бортовых автомобилей:

$$Q = 10.4 + 0.0005 \cdot M_a + 0.33 \cdot V_h + 0.013 \cdot N_{e\max};$$

- для седельных тягачей:

$$Q = 16.2 + 0.00017 \cdot M_a + 0.13 \cdot V_h + 0.0013 \cdot N_{e\max},$$

где M_a - снаряженная масса автомобиля, кг; V_h - рабочий объем двигателя, л.; $N_{e\max}$ - мощность двигателя, кВт.

Оценка результатов исследования. Сравнивая исходные данные из [1] с расчетными значениями нормы расхода топлива, полученные по формуле (3), среднее квадратичное отклонение для грузовых автомобилей не превысил 0.5 л/100 км, а для седельных тягачей – 0,25 л/100 км.

Проверим значения расхода топлива, полученные по предложенной регрессионной модели, с другой математической моделью, эксплуатационными данными и нормативами, действующей в другой стране.

Для примера рассчитаем базовую норму расхода топлива автомобиля Mercedes-Benz Atego 1823L. Информация об этом автомобиле отсутствует в нормативной базе [1]. Для этого автомобиля принимаем следующие показатели: $M_0 = 5525$ кг; $V_h = 11.95$ л; $N_{e\max} = 290$ кВт. Согласно принятой модели (3) расход топлива автомобиля Mercedes-Benz Atego 1823L составит:

$$Q = 10.4 + 0.0005 \cdot 5525 + 0.33 \cdot 11.95 + 0.013 \cdot 290 = 20.8 \text{ л/100 км.}$$

Рассчитаем базовую норму расхода топлива по методике проф. Говорущенко Н.Я. [3]. Принимаем следующие исходные данные: $\eta_i = 0.5$; $A = 1.332$; $B = 0.056$; $C = 0.0031$; $i_k = 0.866$; $G_a = 54200$ Н; $kF = 6.3 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$; $V_a = 50$ км/ч (для средних условий). По этой методике расход топлива составит:

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot [A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2)] = 1/0.5 \cdot [1.332 \cdot 0.866 + 1.332 \cdot 0.866 + 0.056 \cdot 0.866^2 \cdot 50 + 0.0031 \cdot (54200 \cdot 0.02 + 0.077 \cdot 6.3 \cdot 50^2)] = 20,63 \text{ л/100 км.}$$

По оценкам водителей для автомобиля Mercedes-Benz Atego 1823L расход топлива вирируется от 20 до 22 л/100 км (в зависимости от условий движения). Согласно норм расхода топлива Республики Беларусь для автомобиля Mercedes Benz 1827L рекомендовано принимает базовую норму равной 20,6 л/100 км.

Результаты расчета расходов топлива, полученных разными методиками по одной марки автомобиля, показывает правильность выбора регрессионной модели и достоверность получения полиномиальных коэффициентов.

Выводы. Полученная регрессионная модель и рассчитанные значения полиномиальных коэффициентов могут быть использованы для приближенного определения базовой нормы расхода топлива для бортовых

автомобилей и седельных тягачей, если данная информация отсутствует в нормативной базе Украины.

Список литературы

1. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс] / Затверджено наказом Міністерства транспорту України від 10 лютого 1998 р. № 43. – Режим доступу: http://prock.com.ua/wp-content/uploads/2011/10/norms_ukr.doc.
2. Лист Мінінфраструктури № 1928/25/10-16 від 26.02.2016 р. «Щодо деяких питань норм витрат палива» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.profiwins.com.ua/uk/letters-and-orders/transport/8861-1928.html>.
3. Говорущенко Н.Я. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Изд. 2-е, перераб. и дополн. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Говорущенко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) // Н.Я. Говорущенко, С.И. Кривошапов. // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. - Харьков: ХНАДУ. - 2004. - № 15. - С. 31-34.
5. Кривошапов С.І. Статистичний метод нормування витрати палива на автомобільному транспорті / С.І. Кривошапов. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту : Науковий журнал. - №. 3. - 2014. - С. 31-37.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ВИТРАТИ ПАЛИВА ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ СТАТИСТИЧНИМ МЕТОДОМ Кривошапов С.І.

Розглянуто недоліки методики нормування витрат палива транспортних машин, що діє на Україні. Обґрунтовано об'єкт дослідження орієнтований на потреби лісової промисловості. Проведено статистичний аналіз базових норм витрат палива бортових автомобілів і сідельних тягачів з дизельними двигунами. Виділено основні технічні параметри машин, що впливають на паливну економічність. Отримано значення емпіричних коефіцієнтів для регресійної моделі і оцінена точність моделювання.

Abstract

**DETERMINATION OF THE FUEL CONSUMPTION RATE OF TRUCKS
BY THE STATISTICAL METHOD**

Krivoshapov S.

The shortcomings of the methodology for normalizing the fuel consumption of transport vehicles operating in Ukraine are considered. The research object is oriented to the needs of the forest industry. A statistical analysis of the basic fuel consumption rates of on-board cars and truck tractors with diesel engines is carried out. The main technical parameters of machines affecting fuel efficiency are identified. The values of the empirical coefficients for the regression model are obtained and the accuracy of the simulation is estimated.