

ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТА

Кандидат техн. наук, доцент **Горяев Н.К.**
(Южно-Уральский государственный университет. ЮУрГУ)

Доктор техн. наук, профессор **Ларин О.Н.**
(Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

Аспирант **Хабидуллозода Х.Х.**
(Южно-Уральский государственный университет. ЮУрГУ)

ISSUES OF REGULATION OF FUEL CONSUMPTION OF TRUCK TRANSPORT

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Goryaev N.K.**
(South Ural State University)

Doctor (Tech.), Professor **Larin O.N.**
(Russian University of Transport. RUT - MIIT)

Post-graduate **Khabibullozoda Kh.Kh.**
(South Ural State University)

Автопоезда, техническая скорость, расход топлива, междугородные перевозки, системы нормирования, предельный расход топлива.

Road train, technical speed, fuel consumption, intercity transportation, rationing systems, limiting values of fuel consumption.

В статье исследованы зависимости расхода топлива от технической скорости движения автопоезда в составе седельного тягача марки Mercedes Actros-1840 с полуприцепами при выполнении междугородных перевозок. Для оценки экспериментальных данных использовались стандартные методы статистического анализа. Результаты исследования показывают целесообразность нормирования расхода топлива с учётом предельных величин расхода и мощности двигателей автомобилей и совершенствования этих систем.

In the article a study of the dependence of fuel consumption on the technical speed of a road train as part of a Mercedes Actros-1840 truck tractor with semitrailers when performing intercity transportation. Standard methods of statistical analysis were used to evaluate the experimental data. The results of the study show the feasibility of improving the systems for rationing fuel consumption, taking into account the limiting values of consumption and power of car engines.

Введение

Современные системы нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте определяют основные принципы расчета показателей расхода топлива, а также являются важным инструментом оценки эффективности эксплуатации автотранспортных средств. Согласно методическим рекомендациям по нормированию расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте следует предусматривать использование различных корректирующих показателей с учётом конкретных условий перевозок. Плановые значения показателей расхода топлива рассчитываются для конкретных моделей, марок и модификаций транспортных средств. При этом используемые подходы не учитывают влияние скорости на расход топлива. В работах [1, 2 и др.] был проведён анализ систем нормирования расхода топлива в различных странах, который также не выявил учёта влияния скорости на расход топлива.

Проведённый анализ исследований [3–9] по влиянию скорости на расход топлива показывает различия в используемых подходах к оценкам и противоречивость результатов таких исследований. В частности, в работе [3] отмечалось, что при снижении скорости на автомагистралях со 110 км/ч до 90 км/ч происходит уменьшение расхода топлива на 5,7–15 %. В работе [4] показано, что расход топлива при увеличении средней скорости с 60 до 75 км/ч возрастает на 11%, а при дальнейшем увеличении скорости до 90 км/ч – увеличивается расход топлива на 28%. В работе [5] установлены зависимости расхода топлива грузовых автомобилей в Германии от технической скорости грузового транспорта.

Так, при скорости транспорта 60 км/ч расход топлива составил 19,4 л/100 км, при 70 км/ч – 21,4 л/100 км (+10,3%), при 80 км/ч – 25 л/100 км (+28,9%), при 90 км/ч – 27,8 л/100 км (+43,3%). В работе [6] исследованы различные факторы, влияющие на расход топлива, а также методы расчёта показателей. Было установлено, что экспериментальные данные по расходу топлива значительно превышают теоретические.

В работе [7] также рассмотрено влияние средней технической скорости на расход топлива грузового транспорта. Результаты исследования показывают неоднозначную зависимость расхода топлива от увеличения технической скорости. При этом авторы отмечают положительную динамику снижения предельных значений расхода топлива при росте полезной загрузки транспортного средства.

В работе [8] отмечается, что расход топлива транспортными средствами является функцией общего сопротивления движению, которое, в свою очередь, представляет сумму сил, возникающих под воздействием факторов различной природы (неровности дорожного покрытия, интенсивности движения и пр.). При этом указывается, что из практических соображений целесообразно использовать различные модели оценки расхода топлива, которые учитывают влияние отдельных факторов (характер транспортного потока, дорожные условия и пр.) на итоговые значения показателя. Однако более удобным был бы вариант использования комплексной модели, объединяющей множество факторов.

Результаты обзорного исследования по данной тематике показывают актуальность дальнейшего изучения

зависимости расхода топлива от средних скоростей движения. Поэтому в рамках настоящего исследования поставлена цель установить наличие статистически значимой зависимости расхода топлива от средних скоростей движения.

Методы исследования

В настоящей работе использованы статистические данные эксплуатации седельных тягачей марки Mercedes-Benz Actros-1840 одним из крупнейших междугородных автомобильных перевозчиков Челябинской области. Подвижной состав компании оборудован сертифицированными приборами контроля расхода топлива. Информация о фактических значениях скорости движения и расходе топлива по каждому рейсу фиксировалась программно-техническим комплексом FleetBoard. Встроенный бортовой компьютер FleetBoardTiiRec с модемом и GPS приемником подключен к системам телематики автомобиля для приема информации от систем самодиагностики. Все данные о скорости, расходе топлива, стиле вождения и других показателях передаются на сервер FleetBoard, откуда могут быть получены в режиме реального времени с использованием интернет подключения.

Для статистического анализа использованы данные 2020 года о значениях технических скоростей и расходах топлива по 237 грузенным рейсам в междугороднем сообщении. Экспериментальные данные собирались при работе автомобилей по маршрутам на характерном направлении перевозок с одинаковыми дорожными, географическими и природно-климатическими условиями. Различия скоростей движения обусловлены разными уровнями загрузки дорог попутным транспортом. Агрегированные экспериментальные данные о расходе топлива, распределенные по диапазонам характерных скоростей движения подвижного состава, представлены в табл.1.

Таблица 1.

Характерные показатели расхода топлива (л/100 км) для различных значений средних скоростей (км/ч)

Группировка рейсов, ед.	Распределение средних скоростей по группам	Средний расход топлива (медиана)
5	40-50	30,87
79	50-60	29,75
143	60-70	29,21
70	70-80	28,5

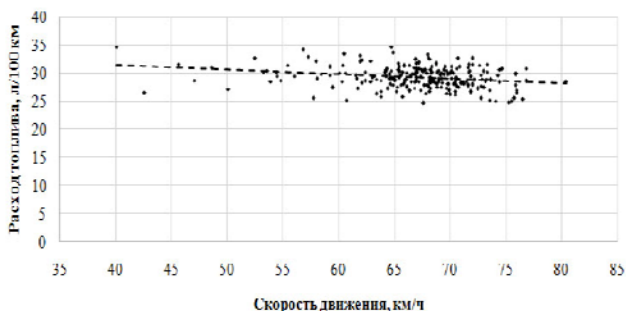


Рис. 1. Показатели расхода топлива для различных значений технической скорости автомобиля

Графическое отображение зависимости расхода топлива от технической скорости седельных тягачей Mercedes-Benz Actros-1840 с полуприцепами представлено на рис.1. Статистический анализ данных выявил статистически значимую зависимость расхода топлива (Y) от технической скорости (X).

Результаты эксперимента

Для оценки связанности двух случайных величин может быть использован коэффициент корреляции r_{XY} , который принимает значение от -1 до 1. Значение $r_{XY} \neq 0$ свидетельствует о взаимной зависимости между X и Y . При $r_{XY} > 0$ зависимость положительная. В этом случае возрастание X влечет за собой возрастание Y . При $r_{XY} < 0$ зависимость отрицательная. В этом случае возрастание одной из переменных влечет за собой убывание другой переменной.

Для расчёта коэффициента корреляции использовались стандартные средства обработки статистических данных. На основе экспериментальных данных расчётное значение выборочного коэффициента корреляции Пирсона составило -0,25. Полученное значение коэффициента свидетельствует о наличии значимой (ошибка менее 0,05%) отрицательной взаимосвязи между параметрами технической скорости X и расходом топлива Y при междугородних перевозках. Уравнение линейной регрессии для экспериментальных данных имеет вид:

$$Y = 34,57 - 0,081 \cdot X.$$

При этом данные анализа регрессионной зависимости не позволяют утверждать о наличии выраженной линейной зависимости расхода топлива от скорости движения для конкретных условий эксперимента.

Вместе с тем, полученные результаты представляют интерес для дальнейших теоретических исследований влияния скоростных показателей на топливную экономичность автомобилей.

Согласно основному уравнению путевого расхода топлива автомобиля [10], данный показатель зависит как от потребляемой мощности двигателя, так и скорости движения транспортного средства:

$$Q_S = g_E \cdot 10^{-1} \cdot N_E / (\rho_T \cdot V_A),$$

где Q_S – расход топлива автомобиля, л/100 км; g_E – удельный расход топлива, г/кВт·ч; N_E – потребляемая мощность двигателя при движении автомобиля в заданных условиях, кВт; ρ_T – плотность топлива, кг/л; V_A – скорость движения автомобиля, км/ч.

При этом показатели скорости V_A и мощности N_E взаимообусловлены физическими процессами, протекающими при движении автомобиля. Для движения машины с большей скоростью необходимо увеличить подаваемую мощность силовой установки в связи с ростом сил сопротивления движению транспортного средства, что также требует увеличения расхода топлива. Согласно теоретическим положениям формирования топливно-экономических характеристик автомобилей зависимость расхода топлива Q_S от скорости движения V_A имеет нелинейный характер. При этом скорость имеет ограниченный диапазон с минимальными значениями расхода. Нелинейный характер динамики расхода установлен эмпирическим путём и задаётся соответствующими коэффициентами. Наблюдаемые на практике эффекты в виде снижения расхода топлива при увеличении скорости движения машины в широком диапазоне могут быть обусловлены различными значениями предельных величин скорости и мощности.

Выводы

Проведённые исследования влияния технической скорости на расход топлива свидетельствуют о том, что имеются основания для обсуждения вопроса о целесообразности учёта скоростных факторов в системах нормирования расхода топлива. Результаты статистического анализа экспериментальных данных подтверждают обоснованность соответствующего тезиса.

За счёт тяговых характеристик силовой установки и конструктивных особенностей транспортного средства может обеспечиваться более интенсивное приращение предельной скорости по сравнению с предельной мощностью при бесконечно малом увеличении времени работы двигателя, за которое автомобиль преодолевает заданное расстояние. Экономия достигается за счёт сокращения времени на преодоление пути при более высокой скорости движения. При этом возможный прирост расхода топлива в связи с увеличением мощности будет компенсирован меньшим периодом работы машины. Для учёта соответствующей динамики показателей топливно-динамических характеристик автомобилей в системах нормирования расхода топлива необходимо проведение дополнительных исследований предельных величин расхода и мощности двигателей автомобилей.

Литература

1. Горяев Н.К. Обзор Российского и зарубежного законодательства по нормированию расхода топлива / Н.К. Горяев, Х.Х. Хабибуллозода, С.О. Бандурко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – № 2. – С. 170–176.
2. Горяев Н.К. Совершенствование нормирования расхода топлива на транспортную работу для междугородных перевозок / Н.К. Горяев, Х.Х. Хабибуллозода, Е.Н. Вавилова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 171–174.
3. Öberg G. Hastighetsbegränsningar och energiförbrukning / G. Öberg, G.V. Carlsen, M. Salusjärvi, N. Skarra. – Del II.: Beräkningsresultat, 1986. – 85p.
4. Sävenhed H. Vehicle fuel consumption on different types of wearing courses / H. Sävenhed.– Linköping, 1986. – 20 p.
5. Falkner W. Influence of Axle Arrangements and Drive Types on the Fuel Consumption of Trucks / W. Falkner // SAE Technical Paper. – 1984. – pp. 303–311.

6. Turkensteen M. The accuracy of carbon emission and fuel consumption computations in green vehicle routing / M. Turkensteen // European Journal of Operational Research. – 2017. – Vol. 262. – Iss. 2. – pp. 647–659.

7. Christophe R, Cecilia Cruz M, Mariame M. Reducing Freight Transport CO2 Emissions by Increasing the Load Factor / R. Christophe, M. C. Cruz, M. Mariame // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2012. – Vol. 48. pp. 184–195.

8. Annelie Carlson, Ulf Hammarström, Olle Eriksson. Models and methods for the estimation of fuel consumption due to infrastructure parameters. MIRAVEC. April 2013. 40 p.

9. Гриценко А.В. Контроль экологических параметров автомобиля при имитации различных режимов нагружения ДВС методом создания сопротивления на выпуске / А.В. Гриценко, К.В. Глемба, О.Н. Ларин и др. // Интеллект. Инновации. Инвестиции // 2018. – №8. – С. 85-95

10. Кузьмин Н. А. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учебное пособие / Н. А. Кузьмин, В. И. Песков. – М.:Инфра-М, 2019. - 256 с.

Сведения об авторах

Горяев Николай Константинович, к.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

Ларин Олег Николаевич, доктор техн. наук, профессор кафедры «Логистические транспортные системы и технологии»

Российский университет транспорта
127994, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9
Тел. моб.: +7-916-617-67-60
E-mail: larin_on@mail.ru

Хабибуллозода Хайрулло Хабибулло, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет),
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76
Тел. (351) 267–91–21, моб. 8-9227441680
E-mail: hayrulloi90@mail.ru