

ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСХОД ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Н. Н. Пуляев, А. С. Павлов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Значительные экономические издержки для многих компаний, работающих с автопарками, связаны с их расходом топлива. Этот расход можно сократить, воздействуя на некоторые аспекты, такие как стиль вождения водителей транспортных средств. Улучшение поведения вождения (и других характеристик) может сэкономить топливо для автопарка без необходимости изменения других аспектов, таких как запланированные маршруты или остановки. Это важно не только для снижения экономических издержек внутри компании, но и для сокращения выбросов, связанных с расходом топлива, в основном, когда транспортные средства имеют бензиновые или дизельные двигатели.

Ключевые слова: транспорт, расход топлива, экономия топлива, факторы влияющие на расход топлива.

OVERVIEW OF FACTORS AFFECTING FUEL CONSUMPTION IN VEHICLES

N. N. Pulyaev, A. S. Pavlov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. A significant economic cost for many fleet companies is related to their fuel consumption. This consumption can be reduced by influencing certain aspects, such as the driving behavior of vehicle drivers. Improving driving behavior (and other characteristics) can save fuel for a fleet without having to change other aspects such as scheduled routes or stops. This is important not only to reduce economic costs within a company, but also to reduce fuel-related emissions, mainly when vehicles have gasoline or diesel engines.

Keywords: transportation, fuel consumption, fuel economy, factors affecting fuel consumption.

Снижение как экономических затрат, так и выбросов возможно за счет оптимизации расхода топлива отдельных транспортных средств в составе автопарка. Согласно литературным источникам, это можно

сделать, работая с различными факторами, влияющими на расход топлива транспортным средством во время поездки. Например, [1] указывает на то, что агрессивное вождение влияет на расход топлива и увеличение может составлять до 26 % от общего количества топлива, потребляемого транспортным средством. Это означает, что простая оптимизация стиля вождения водителей автопарка оказывает значительное влияние как на экономические, так и на транспортные расходы, а также на сокращение вредных выбросов.

Анализ переменных, влияющих на расход топлива, сам по себе полезен. Однако его можно дополнить методами, которые в автоматическом режиме способны показать, какие из них в большей степени влияют на работу двигателя и расход топлива. В результате возможно количественно оценить потенциальную экономическую выгоду и сокращение выбросов для конкретного автопарка.

Расход топлива может значительно отличаться для разных транспортных средств, даже при сравнении двух однотипных, одной марки, модели, года выпуска и типа используемого топлива. Это вызвано различными факторами, которые влияют на расход топлива во время поездки.

Проанализируем аспекты, определяющие потребление топлива транспортным средством, а также их значимость [2].

Первая категория – факторы, связанные с поездками. Эта группа включает факторы, связанные с маршрутом, пройденным транспортным средством [2]. Фактически, авторы упоминают эко-маршрутизацию как важный аспект снижения расхода топлива. Топливо можно сэкономить, выбрав оптимальный маршрут не только с точки зрения классических показателей расстояния и времени в пути, но и с точки зрения маршрута, который экономит топливо по сравнению с другими возможными (например, выбирая маршруты с меньшим количеством «ухабов» или «уклонов»). Фактически, новый маршрут может быть даже длиннее по времени или расстоянию, но обеспечивает экономию топлива. Эко-маршрутизация может снизить расход топлива транспортного средства на 18...23 % [2].

Вторая категория включает факторы, связанные с климатическими условиями. Эти факторы влияют на расход топлива транспортного средства косвенным образом (например, будучи связанными с использованием кондиционера, влияя на водяной насос, увеличивая трение двигателя или трансмиссии в холодную погоду и т.д.). Таким об-

разом, эта категория включает такие факторы, как внешняя температура, относительная влажность или воздействие ветра. Эти факторы могут быть ответственны примерно за 1 % расхода топлива транспортного средства.

Третья группа факторов называется факторами, связанными с транспортным средством. Она включает факторы, в основном связанные с двигателем и самим транспортным средством, такие как загрузка транспортного средства, скорость транспортного средства, обороты двигателя, тип топлива, есть ли у транспортного средства система последующей обработки выхлопных газов или нет.

Четвертая группа связана с факторами, относящаяся с дорожным полотном. Она относится к факторам, связанным с состоянием дороги, таким как уклон дороги, неровность поверхности или кривизна дороги. Эти факторы, хотя и не очень эффективны (иногда их трудно предотвратить), оказывают большое влияние на расход топлива (около 5...20 %).

Пятая группа факторов относится к условиям дорожного движения. Они связаны с расположением дорожных знаков, светофоры и т.п. Они оказывают потенциально наибольшее влияние на расход топлива (около 22...50 % расхода топлива).

Шестая группа – это факторы, связанные с водителем, такие как манера вождения или агрессивность вождения. Профиль вождения конкретного водителя (который измеряет такие аспекты, как агрессивность вождения), рассчитывается с использованием информации о транспортном средстве, такой как частота вращения двигателя, скорость или ускорение. Агрессивное вождение может быть причиной до 40 % расхода топлива транспортного средства по сравнению с более спокойным стилем вождения.

Вышеупомянутый обзор литературы дополнен исследованием [4]. Здесь авторы представляют тщательный анализ влияния различных факторов на расход топлива в транспортном средстве, а также влияние на выбросы CO₂. В исследовании рассматриваются легковые транспортные средства в реальных условиях эксплуатации. Что касается конкретно расхода топлива, авторы предлагают обобщенный обзор литературы, показывающий различные категории переменных и их пропорциональное влияние на расход топлива транспортного средства.

Существует два подхода к анализу влияния определенного фактора на расход топлива транспортного средства. Во-первых, с использованием имитационного анализа, который изучает изолированное влияние фактора в лабораторных условиях. Во-вторых, путем анализа потоков данных, которые содержат мгновенный расход топлива, сообщаемый во время поездок в реальных условиях. Эти потоки данных могут быть собраны из таких источников, как порт OBD-II (бортовая диагностика), например, расход топлива двигателя с PID 015E [5].

Анализ литературы показывает, что оба подхода в целом дают схожие результаты. Таким образом, собранные данные могут быть достоверным источником для оценки влияния различных факторов на расход топлива транспортного средства.

Дальнейший обзор литературы рассматривает таксономию топливного фактора, которая в некоторых случаях напрямую соответствует предложенной в [1, 3], но в некоторых других случаях отличается. Существует 28 факторов, которые можно классифицировать по 9 группам (таблица 1). Эта таблица показывает относительную значимость каждого из факторов (медианное значение по литературе) вместе с интервалом, который охватывает различные сообщаемые значения, учитывая транспортные средства в реальных условиях эксплуатации. Она также показывает, сколько статей говорит об этом конкретном факторе, а также распределение сообщаемых относительных значений.

Таблица 1 – Сокращенный вид факторов, фокусирующийся на некоторых переменных, которые можно получить из OBD-II

Категория	Подкатегория	Фактор	Описание	Литературное медианное значение (%)	Нижний предел	Верхний предел
Вспомогательные системы	Кондиционер/климат контроль	Кондиционер	Требуется увеличенное электропитание	5	2,5	15
	Система помощи при управлении ТС	Системы помощи при рулевом управлении	Требуется увеличенное электропитание	3,2	1	10
	Другие вспомогательные устройства для ТС	Другие вспомогательные устройства автомобиля (например, дворники, фары и т.д.)	Требуется увеличенное электропитание	5,5	2,5	16

Погодные условия	Дождь, снег	Лужи, гололед	Колеса должны проталкиваться через воду; требуется дополнительная энергия	30	0	30
	Средняя температура окружающей среды в теплое время	Температура 0°C (против 20°C)	Увеличена энергия для разогрева Увеличено сопротивление воздуха	10	4	14
	Средняя температура окружающей среды в холодное время	Температура -20°C (против 0°C)	Увеличена энергия для разогрева Увеличено сопротивление воздуха	10	4	14
Стиль вождения	Агрессивное вождение	Неустановившиеся режимы работы двигателя	Превышение скорости, резкие повороты, резкие торможения	26	6	35
	Режим «Eco Driving»	Аккуратное вождение (плавное ускорение и торможение)	Оптимальное переключение передач, использование круиз-контроля	-6,5	-12	-1
Техническое состояние транспортного средства	Топливо-смазывающие материалы	Смазка (низкая вязкость)	Уменьшает трение в компонентах автомобиля	-2,4	-5	-1
	Шины	Низкое давление в шинах	Трение с дорогой увеличивается	1	1	2,5
	Другое	Несвоевременное ТО	Засоренность форсунок, бедная/богатая рабочая смесь и т.д.	3,5	1	30
Оперативная масса	Дополнительная масса транспортного средства	Масса транспортного средства выше допустимой полной	Увеличенная масса на 100 кг (например, дополнительное количество не крупногабаритного груза)	5,8	1	12,5
Дорожные условия	Высота	Высота над уровнем моря	Влияние плотности воздуха и сопротивления воздушного потока	-3,8	-4	-3,6
	Движение в гору	Движение в гору	Добавляет дополнительную нагрузку на транспортное средство	13,3	6	20
	Неровность дороги	Неровность дороги	Например, дорога с неровностями	2,7	0	5

	Дорожный трафик	Состояние дорожного движения (например, час-пик)	Например, пробки на дорогах могут увеличить время работы на первой и второй передачах	30	20	40
	Тип поездки	Тип поездки (например, короткие дистанции)	Средний расход топлива в коротких поездках выше, чем в средних/длинных поездках	10	5	20

Разница между анализами, показанными в обеих статьях, заключается не только в таксономии, предложенной для группировки факторов, но иногда и в отношении сообщенного воздействия (т.е. внешняя температура имеет медианное сообщенное значение воздействия 10 % в [5] по сравнению с 1 % воздействием для всех причин, связанных с погодой, сообщенным в [6]). В рамках этой последней таксономии характеристик, которые влияют на расход топлива транспортного средства, некоторые из них можно считать «действенными», поэтому их можно изменить в конкретном транспортном средстве, в некоторых случаях даже без необходимости менять маршрут транспортного средства. Примером этого является агрессивный стиль вождения. Другие характеристики присущи транспортному средству и не могут быть напрямую изменены, например, марка/модель транспортного средства или масса транспортного средства. Даже в рамках «действенных» характеристик некоторые из них не могут быть легко прочитаны через OBD-II (например, если есть дополнительный багажник на крыше, который влияет на аэродинамику транспортного средства).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асадов, Д. Г. Основы повышения мощностных показателей в ДВС на тягово-транспортных средствах / Д. Г. Асадов, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2020. – 70 с.
2. Оптимизация маршрутов: инструменты, примеры и советы по использованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blogs.epsilonmetrics.ru/route-optimization>.
3. Тойгамбаев, С. К. Проектирование стенда для диагностики состояния тормозной системы автомобиля КамАЗ-65117 / С.К. Тойгамбаев, О.Н. Дидманидзе, А.С. Гузалов // Международный технико-экономический журнал. – 2020. – № 6. – С. 63-72. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-75-6-63-72.

4. Девянин, С. Н. Системы управления двигателем / С. Н. Девянин, В. Н. Щукина // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 65-70.
5. Математическая модель процесса сгорания и тепловыделения в цилиндре газового двигателя / М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Р. Т. Хахимов // Чтения академика В.Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) : сборник статей семинара, Москва, 22-24 января 2019 года / Под редакцией М. Н. Ерохина. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2019. – С. 19-28.
6. Ресурсосбережение на автомобильном транспорте / А. Ю. Измайлов, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, А. М. Карев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 84 с.
7. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. – 232 с.
8. Богданов, В. С. Обеспечение качества топливно-смазочных материалов при хранении – резерв повышения ресурса машин в АПК / В. С. Богданов, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2014. – 234 с.
9. Эйдис, А. Л. Менеджмент техники и технологии сельскохозяйственных машин : учебное пособие / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк, В. И. Еремеев. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2020. – 196 с.

Об авторах:

Пуляев Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», pulyaev@rgau-msha.ru.

Павлов Александр Сергеевич, аспирант кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

About the authors:

Nikolay N. Pulyaev, Cand.Sc. (Engineering), associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, pulyaev@rgau-msha.ru.

Aleksandr S. Pavlov, graduate student of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.