

Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал <http://www.transport-kgasu.ru>
2021. № 4 (23) http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=2
URL статьи: <http://transport-kgasu.ru/files/N23-19TI421.pdf>

Статья опубликована 15.12.2021

Ссылка для цитирования этой статьи:

Дурницын О.А. Влияние характеристик дорожного покрытия на расход топлива // Техника и технология транспорта. 2021. № 4 (23). С. 19. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N23-19TI421.pdf>

УДК 662.767

Дурницын О.А. – преподаватель

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Влияние характеристик дорожного покрытия на расход топлива

Аннотация

Влияние дорожного покрытия на расход топлива транспортных средств в литературе отражает заинтересованность инженерного сообщества в создании дорожных покрытий, более экономичных с точки зрения расхода топлива, благодаря которым можно было бы поддерживать устойчивость в окружающей среде. В этой статье, рассматривалось влияние характеристик дорожного покрытия, таких как гладкость, текстура и тип дорожного покрытия, на сопротивление качению. Метод, исследования, включает обзор литературы, полевые эксперименты, лабораторные эксперименты и моделирование, а область исследований простирается от гладкости и текстуры до характеристик дорожного покрытия. В исследовании установлена взаимосвязь между свойствами дорожного покрытия и экономией топлива. Гладкость и текстура больше всего влияют на сопротивление качению, эффект гладкости положительно, а эффект текстуры отрицательно. Но в большинстве случаев влияние структурных свойств, таких как жесткость или тип дорожного покрытия, не обеспечивает существенной разницы в расходе топлива между гибким и жестким дорожным покрытием и требует более тщательной работы в этой области.

Ключевые слова: текстура, гладкость, дорожное покрытие, экономия топлива, сопротивление качению, устойчивость.

Введение

Для автомобильной промышленности было главной задачей удовлетворить потребительский спрос, а также поддерживать устойчивость, заботясь о выбросах углекислого газа и снижая расход топлива параллельно, это напрямую связано с экономией топлива, т. е. чем меньше расход топлива, тем меньше будут выбросы углерода [1-3]. Это не так просто, как кажется, в соответствии с тем, что на движение транспортного средства влияют различные факторы, такие как сопротивление качению, силы инерции, сила внутреннего трения, аэродинамические силы, силы тяжести на склонах. Все эти факторы необходимо изучить, чтобы можно было эффективно увеличить общую экономию топлива. Сопротивление качению – это «механическая энергия, преобразуемая в тепло шиной, движущейся на единицу расстояния проезжей части». Схема свободного кузова показана на рис. 1, который представляет собой F (Усилие, приложенное к оси), R (Сила реакции), W (вертикальная нагрузка) и r (радиус колеса).

Определение сопротивления качению по следующему уравнению:

$$F = C_{rr} \cdot N, \quad (1)$$

где F – сила сопротивления качению;

C_{rr} – коэффициент сопротивления качению;

N – нормальная сила.

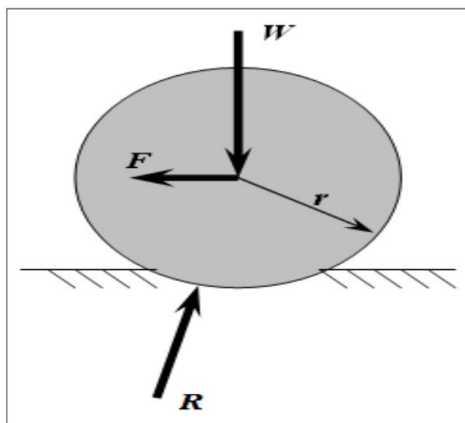


Рис. 1. Диаграмма сопротивления качению свободного кузова

Существует потеря энергии из-за трения между шиной и дорожным покрытием, вращения шин, аэродинамики, сопротивления, изменения температуры, скорости и давления воздуха, а также сопротивления качению. На рис. 2, показано, что для транспортного средства, движущегося со скоростью 28 м/с, сопротивление воздуха (F_d) потребляет 3/5, сопротивление качению (F_{RR}) потребляет 1/4, а внутреннее трение (F_v) потребляет почти 1/6 от общей энергии, вырабатываемой двигателем транспортного средства для движения в прямом направлении по горизонтальной поверхности.

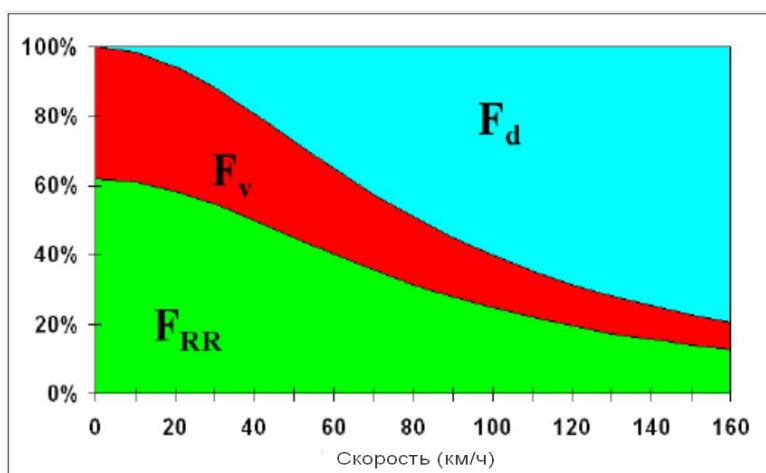


Рис. 2. Потребление энергии (%) из-за сопротивления качению (F_{RR}), сопротивления воздуха (F_d) и внутреннего трения (F_v) при постоянной скорости

Это показывает, что по мере увеличения скорости транспортного средства сопротивление воздуха будет наиболее доминирующим фактором в потреблении энергии, но помимо свойств транспортного средства свойства дорожного покрытия также влияют на сопротивление качению, такие как текстура, шероховатость и жесткость дорожного покрытия. На рисунке 3 показаны различные типы текстуры дорожного покрытия. Обнаружено, что текстура вызывает вибрацию, что влияет на расход топлива транспортного средства. Когда шины соприкасаются с дорожным покрытием, жесткость или прогиб влияют на сопротивление качению, а затем влияют на расход топлива. Шероховатость измеряется Международным индексом шероховатости и оказывает большое влияние на экономию топлива. Снижение значения шероховатости на 10 % приводит к экономии топлива на 4,5 %.

Цель исследования

Основная цель этого исследования – найти ответ на два вопроса: как различные факторы дорожного покрытия влияют на сопротивление качению? И в чем разница в расходе топлива между различными типами дорожного покрытия, такими как гибкое и жесткое. Это делается путем анализа имеющейся литературы о влиянии свойств дорожного покрытия, таких как жесткость, текстура и гладкость, на расход топлива транспортных средств на разных дорожных

покрытиях для различных категорий транспортных средств, т. е. тяжелых и легких. Он охватывает различные методы, такие как лабораторные эксперименты, полевые эксперименты, обзор литературы и моделирование.

Основные факторы, такие как конструкция, нагрузка, скорость, давление накачки, рулевое управление, температура шины, соответственно, тип поверхности и используемые агрегаты, все это способствует сопротивлению качению шины. Оценка того, как текстура поверхности влияет на сопротивление качению. Было обнаружено, что сопротивление качению было снижено на 8% на недавно построенной бетонной поверхности в отличие от асфальтового покрытия с высокой текстурой, что означает, что более высокая текстура приводит к более высокому сопротивлению качению, но также предполагает, что необходимо учитывать соображения безопасности во влажных условиях. Обнаружено, что для испытательного грузовика расход топлива увеличился на 20% при переходе с асфальтобетона на обычный цементный бетон. Для движения транспортного средства вперед по неровным дорогам требуется на 10 % больше энергии по сравнению с более гладкими дорогами, высокая скорость и неровности влияют на сопротивление качению, но низкая скорость не влияет на то же самое. Повышение температуры шин, уменьшение шероховатости и уменьшение текстуры - все это приводит к снижению сопротивления качению. Характеристики дорожного покрытия влияют на сопротивление качению до 7%, но статистический анализ не проводился. В исследовании экономии топлива транспортного средства тест проводился при скорости транспортного средства 14 м/с, 17 м/с и 19 м/с и привел к выводу, что может быть разница в расходе топлива до 11% от более гладких до более грубых дорог и текстура может повлиять на расход топлива на 7%. Было замечено, что коротковолновая неравномерность была более влияющей, чем макротекстура, т. е. макротекстура была эффективна только при скорости 17 м/с, как показано на рис. 3.

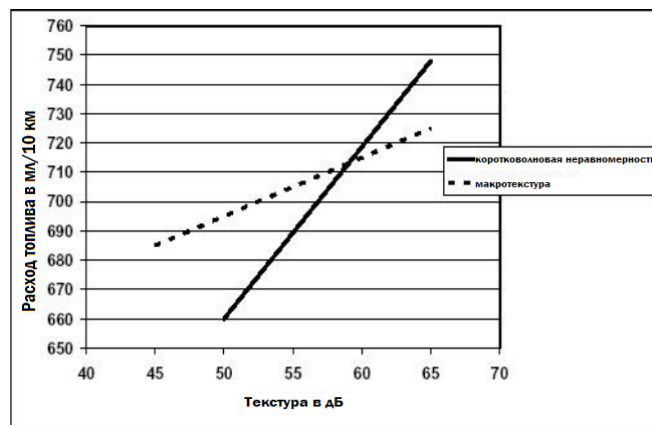


Рис. 3. Расход топлива в зависимости от текстуры при скорости 17 м/сек

Качество дорожного покрытия, т. е. коротковолновая неравномерность и шероховатость, оказали значительное влияние на экономию топлива, и предположено, что жесткость нельзя исключать из факторов, влияющих на сопротивление качению при моделировании. Измерено влияние нервномерности и макротекстуры на сопротивление качению, как показано на рис. 4, и привело к выводу, что текстура может влиять на сопротивление качению почти на 47%. Также было обнаружено, что существует линейная зависимость между сопротивлением качению и расходом топлива, как показано на рис. 5, и обнаружено, что снижение сопротивления качению может сэкономить топливо до 9%.

Оценено влияние макротекстуры и гладкости на экономию топлива автомобиля и обнаружено, что расход топлива увеличивается экспоненциально с увеличением текстуры и неровностей. Было измерено, что увеличение текстуры на 1,55 мм приводит к увеличению сопротивления качению на 50 %. Уменьшение гладкости или увеличение шероховатости может увеличить расход топлива до 6 %, а увеличение макротекстуры может увеличить расход топлива до 5 %. Использование метода измерения крутящего момента для измерения сопротивления качению, был измерен крутящий момент, скорость ветра, направление ветра и потери в подвеске, и было установлено, что увеличение текстуры на 1 мм и с плавностью 1

м/км может увеличить сопротивление качению на 44%, а увеличение текстуры на 2 мм может быть катастрофическим из-за нелинейного уравнения.

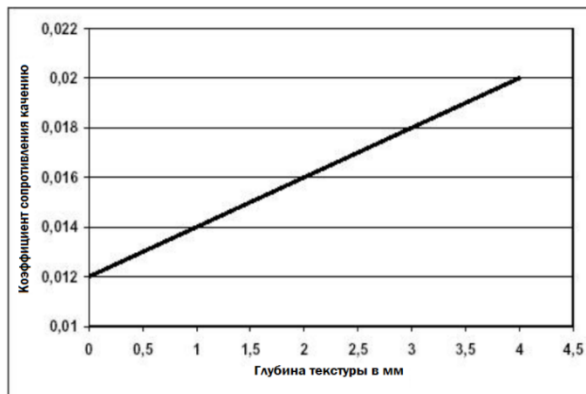


Рис. 4. Текстура в зависимости от сопротивления качению

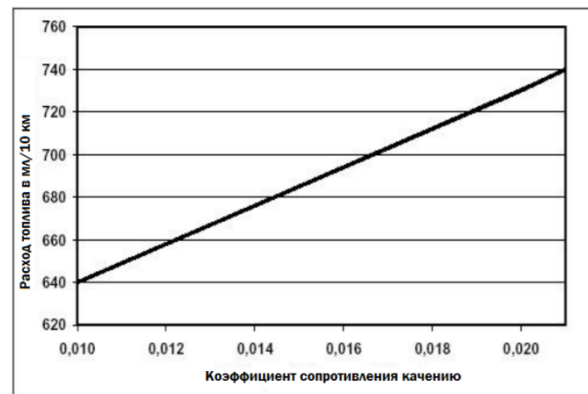


Рис. 5. Сопротивление качению в зависимости от расхода топлива

Использование полностью заправленного и оборудованного грузового автомобиля, работающего со скоростью 25 м/с, отмечено, что нет статистической разницы между пористыми и плотными смесями с градуировкой с точки зрения расхода топлива. Различные текстуры могут влиять на расход топлива до 10 % для тяжелого транспортного средства, но разница в расходе топлива не является статически значимой для легкового автомобиля. Влияние различных факторов, таких как структура дорожного покрытия, скорость транспортного средства, нагрузка транспортного средства и температура окружающей среды влияют на экономию топлива транспортного средства и обнаружено, что на 11 % больше расход топлива тяжелонагруженным полуприцепом на асфальтовом покрытии по сравнению с бетоном, на битумном покрытии расход топлива составляет 4,1 %-4,9% по сравнению с бетоном. В исследовании была зарегистрирована разница в расходе топлива грузового специального автомобиля до и после шлифовки дорожного покрытия, как показано на рис. 6, и расход топлива, а гладкость дорожного покрытия была измерена с помощью автоматического анализатора дорог, и было отмечено улучшение на 53 %



Рис. 6. Дорожное покрытие до (слева) и после (справа)

Плавность хода приводит к снижению расхода топлива грузовых автомобилей на 2,46 %. Также значительно улучшается комфорт и контроль водителя, а количество перерывов в работе в ночное время сокращается. В исследовании использовался только один тип транспортных средств — грузовые автомобили автобетоновозы. Изучены городские циклы вождения на скоростях, не связанных с шоссе, наблюдали за транспортными средствами как с постоянной, так и с ускоряющейся скоростью. Представленные данные показывают, что в среднем на бетон расходуется на 5 % меньше топлива по сравнению с асфальтовым покрытием при постоянной скорости, но нет статистически значимой разницы для разгона транспортного средства с точки зрения расхода топлива на обоих покрытиях. Также было обнаружено, что при скорости 13 м/с бетон имел большую экономию топлива с уровнем значимости 10 %. После измерения расхода

топлива обнаружено, что на бетонном участке полностью загруженный грузовик потребляет на 6,7 % меньше топлива по сравнению с асфальтовым покрытием.

Кроме того, исследование показывает, что шероховатость оказывает значительное влияние на экономию топлива, поскольку было зафиксировано увеличение расхода топлива на 70 564 л/км. Средний расход топлива снижается на 3,2%-4,5% для грузовых автомобилей и тягачей на бетоне по сравнению с асфальтовым покрытием из-за соображений прогиба и жесткости, процент экономии топлива был больше при более низкой температуре. Это может быть связано со скоростью ветра, рассмотренной в исследовании вместе с температурой.

Заключение

В исследовании сообщается, что более ровные дороги, как правило, снижают сопротивление качению и в конечном итоге, снижают расход топлива. Снижение международного индекса шероховатости на 10 % приводит к экономии топлива на 4,5 %. Каждые 0,8 м/км снижение плавности приводит к экономии топлива на 1,8 %-2,7%. Текстура негативно влияет на экономию топлива. В приведенном исследовании было отмечено, что более высокая текстура приводит к более высокому сопротивлению качению и, в конечном счете, к большему расходу топлива. Современные исследования отрицают тот факт, что скорость транспортного средства и текстура коррелируют с точки зрения взаимодействия движения транспортного средства. В большинстве исследований бетон предлагается в качестве более эффективного дорожного покрытия с точки зрения рассеивания энергии, но только при более высоких температурах и большегрузных транспортных средствах. При низкой температуре и на легких транспортных средствах необходимо провести дополнительные исследования. Некоторые исследования показывают незначительную разницу между гибким и жестким дорожным покрытием с точки зрения расхода топлива при низких температурах. Исследования показывают, что текстура и гладкость играют важную роль, и нельзя только на основании жесткости сделать вывод о том, что бетон более эффективен с точки зрения экономии топлива. Влияние текстуры становится неэффективным на правильно построенных и обслуживаемых дорогах, и невозможно получить четкое согласие относительно влияния типа дорожного покрытия на расход топлива транспортного средства.

Список библиографических ссылок

1. Маняшин, А. В. Прогнозирование и планирование ресурсов на автомобильном транспорте с использованием информационных технологий / А. В. Маняшин. – Тюмень, 2015. – С. 146. – Текст : непосредственный.
2. Маняшин, С. А. Методика исследования режимов движения автомобилей в городских условиях / С. А. Маняшин – Текст : непосредственный / Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин : сборник материалов международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2008. – С. 126 – 128 – Текст : непосредственный.
3. Маняшин, С. А. Автоматизация исследований режимов движения автомобилей в городе / С. А. Маняшин, А. В. Маняшин. – Текст : непосредственный // Проблемы эксплуатации систем транспорта : сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2008. – С. 197-198 – Текст : непосредственный.

Durnitsyn O.A. – teacher
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The influence of the characteristics of the road surface on fuel consumption

Abstract

The influence of the road surface on the fuel consumption of vehicles in the literature reflects the interest of the engineering community in creating road surfaces that are more economical in terms of fuel consumption, thanks to which it would be possible to maintain stability in the environment. In this article, the influence of pavement characteristics, such as smoothness, texture and type of pavement, on rolling resistance was considered. The research method includes a literature review, field experiments, laboratory experiments and modeling, and the research area extends from smoothness and texture to the characteristics of the road surface. The study established the relationship between the properties of the road surface and fuel economy. Smoothness and texture have the most effect on rolling resistance, the smoothness effect is positive, and the texture effect is negative. But in most cases, the influence of structural properties, such as stiffness or type of pavement, does not provide a significant difference in fuel consumption between flexible and rigid pavement and requires more careful work in this area.

Keywords: texture, smoothness, road surface, fuel economy, rolling resistance, stability.

Reference list

1. Manyashin, A.V. Forecasting and resource planning in road transport using information technologies / A.V. Manyashin. - Tyumen, 2015. - P. 146. - Text: direct.
2. Manyashin, S. A. Methodology of research of modes of movement of cars in urban conditions / S. A. Manyashin - Text : direct / Problems of operation and maintenance of transport and technological machines : collection of materials of the international scientific and technical conference. - Tyumen, 2008. - P. 126-128 - Text: direct.
3. Manyashin, S. A. Automation of research of modes of movement of cars in the city / S. A. Manyashin, A.V. Manyashin. - Text : direct // Problems of operation of transport systems : collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference. - Tyumen, 2008. - P. 197-198 - Text: direct.