

УДК 004.4

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Н. К. Камилов¹, О. П. Волобуева²

¹Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Россия, г. Санкт-Петербург

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы nura_kam@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлена информационная система мониторинга, показывающая закономерности изменения показателей топливной экономичности автотранспортных средств в зависимости от совместного влияния состояния дорожного покрытия и скорости движения. Приведена математическая модель для решения задачи топливной экономичности. Представлены экспериментальные данные совместного влияния скорости движения и состояния дорожного покрытия на расход топлива на примере работы автомобилей КамАЗ-45143 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов. Измерения расхода топлива проводились с использованием навигационных систем ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта. На основе экспериментальных исследований определен вид двухфакторной математической модели, позволяющей адекватно интерпретировать и моделировать расход топлива грузовых автомобилей с учетом сезонной вариации условий эксплуатации.

Ключевые слова: информационная система мониторинга, транспорт, эксплуатация, математическая модель, расход топлива, состояние дорожного покрытия, скорость движения.

В настоящее время для мониторинга транспортных средств (ТС) широко используются информационные системы (ИС), обеспечивающие автоматизированный сбор, обработку, передачу и представление данных о местоположении и состоянии ТС, позволяющие решать задачи информационно-рекомендательного характера, такие как формирование оптимальных маршрутов движения ТС, контроль времени работы и отдыха водителей, розыск угнанных ТС. Существенным недостатком таких ИС является не учёт адаптивности транспорта к различным переменным условиям эксплуатации для повышения эффективности работы автотранспорта.

Условия эксплуатации автомобилей оказывают значительное влияние на эффективность, существенно изменяя уровень производительности, расход топлива, надежность и другие показатели, поэтому особый интерес вызывает исследование влияния состояния дорожного покрытия на расход топлива при различных скоростных режимах автомобилей. Рассматриваемая проблема становится актуальнее, чем больше отклонения условий эксплуатации от стандартных и чем хуже приспособленность автомобилей к этим отклонениям.

Также необходимо учитывать, что при перевозке грузов автомобильным транспортом по дорогам с различным типом покрытия формируется дополнительный расход топлива вследствие увеличения коэффициента сопротивления качению в условиях, которые отличаются от стандартных.

Таким образом, для определения фактического расхода топлива на транспортных работах необходимо учитывать как конструктивные особенности различных автомобилей, так и условия, в которых они эксплуатируются. Целесообразно для решения представленной задачи определить степень влияния состояния дорожного покрытия и скорости движения на показатели топливной экономичности грузовых автомобилей.

Задача состоит в том, что необходимо спроектировать информационную систему мониторинга (ИСМ) – информационно-рекомендательного характера – показывающую закономерности изменения показателей топливной экономичности автотранспортных средств в зависимости от совместного влияния состояния дорожного покрытия и скорости движения ТС.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

1) обеспечить автоматизированный сбор, обработку, хранение, передачу и представление данных о местоположении и состоянии транспортных средств, а также геоинформационные данные в ИСМ;

2) разработать математическую модель, адекватно описывающую влияние типа и состояния дорожного покрытия на расход топлива грузовых автомобилей, для использования в ИСМ;

3) разработать математическую модель, адекватно отображающую влияние скорости движения на расход топлива грузовых автомобилей, для использования в ИСМ;

4) разработать показатели приспособленности автомобилей к состоянию дорожного покрытия и скорости движения по расходу топлива;

5) определить численные значения параметров математических моделей для грузовых автомобилей по реальным экспериментальным данным ТС.

6) внедрить двухфакторную математическую модель, совместно использующую скорости движения и влияния состояния дорожного покрытия на расход топлива автомобиля в данную ИСМ;

В данной статье акцентируется внимание именно на получении математической модели, совместно использующей скорости движения и влияния состояния дорожного покрытия на расход топлива автомобиля по реальным экспериментальным данным.

Информационные потоки о состоянии и местоположении ТС в ИСМ поступают от бортовых автомобильных навигационно-информационных комплексов, а также о погодных условиях; информация о типе и состоянии поверхности дороги поступает от геоинформационной системы (ГИС). Функциональная структура ИСМ представлена на рисунке 1.

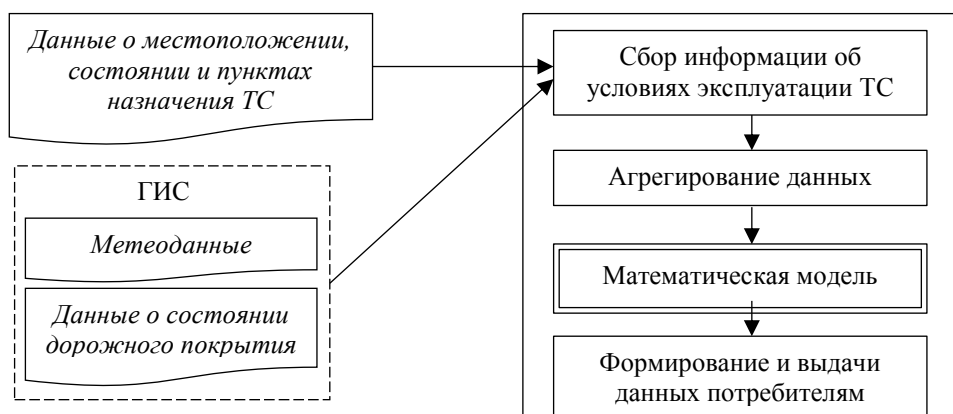


Рисунок 1 – Функциональная структура ИСМ

При эксплуатации автомобильного транспорта по дорогам с различным покрытием наблюдается изменение расхода топлива за счет увеличения сил сопротивления движению. Для определения совместного влияния скорости движения и состоянии дорожного покрытия на расход топлива были проведены экспериментальные исследования на примере работы автомобилей КамАЗ-45143 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов на расстояние 60 км при следующих условиях [1]: $\beta=0,5$; $q=9100$ кг; $\gamma=1$. Здесь β – коэффициент использования пробега, q – грузоподъемность транспортного средства, γ – коэффициент использования грузоподъемности. Измерение расхода топлива проводилось с использованием навигационных систем ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта. Маршрутный расход топлива определялся на режимах движения от 40 до 70 км/ч для выбранных категорий дорог.

В теории автомобиля коэффициент сопротивления качению f является основным показателем, характеризующим тип и состояние дорожного покрытия, по которому движется автомобильный транспорт, а также учитывает конструктивные особенности автомобиля.

С точки зрения теории приспособленности для решения практических задач необходимо разграничивать часть затрат энергии, которая связана непосредственно с конструкцией шин и автомобиля, и часть энергии, затрачиваемой на преодоление сопротивления качению дороги. Согласно методике, предложенной в работе [2], полный коэффициент сопротивления качению состоит из двух составляющих:

$$f = f_a + f_d, \quad (1)$$

где f_a – коэффициент сопротивления качению, характеризующий особенности конструкции шин и подвески автомобиля; f_d – коэффициент сопротивления качению, характеризующий особенности дорожного покрытия, по которому движется транспортное средство.

Таким образом, на твердых дорогах с асфальтобетонным покрытием коэффициент сопротивления качению f характеризует внутренние потери в системе колесного движителя автомобиля в условиях пренебрежимо малых необратимых деформаций дороги. Поэтому коэффициент будет являться показателем, характеризующим качества автомобиля; при этом значение коэффициента f_d обращается в нуль. При увеличении скорости движения ТС коэффициент сопротивления качению f увеличивается за счет возрастания затрат энергии, связанных непосредственно с конструкцией шин и автомобиля; в этом случае значения коэффициента f_d остаются постоянными.

Для определения значений показателей, входящих в уравнение (1), воспользуемся экспериментальными данными, полученными авторами в работе «Теория автомобиля» методом, разработанным профессором Г.В. Зимелевым. Результаты эксперимента приведены в таблице 1 [3].

В рамках данного исследования построены зависимости расхода топлива от скорости движения автомобиля при различных состояниях дорожного покрытия (рис.2).

Для разработки математической модели влияния скорости движения на расход топлива воспользуемся среднестатистическими экспериментальными данными; при этом в качестве аргумента выбираем интервал скорости от 45 до 75 км/ч (рис.2). Представленные экспериментальные данные показали, что в рассматриваемом диапазоне скоростей расход топлива грузовых автомобилей можно описать экспоненциальной моделью следующего вида:

$$G = G_0 e^{\delta(V-V_0)}, \quad (2)$$

где G – расход топлива, л/100 км; G_0 – наименьшее значение расхода топлива, л/100 км; δ – коэффициент возрастания, ч/км; V – скорость движения, км/ч; V_0 – скорость движения при наименьшем расходе топлива, км/ч.

Поясним физический смысл коэффициента возрастания δ в уравнении (2). Обозначим ΔV – интервал скорости, при котором расход топлива увеличивается в e раз, тогда

$$\frac{G}{G_0} = e^{\delta \Delta V} = e^1 \rightarrow \delta \Delta V = 1 \rightarrow \delta = \frac{1}{\Delta V}. \quad (3)$$

Следовательно, коэффициент возрастания δ является физической величиной, обратной скоростному интервалу (3), в течение которого расход топлива увеличивается в e раз.

Для оценки адекватности предлагаемой однофакторной математической модели воспользуемся среднестатистическими экспериментальными данными (рис.2). Достоверность аппроксимации составила 0,988 для предлагаемой однофакторной математической модели. Следовательно, для моделирования влияния скорости движения на расход топлива автомобиля КамАЗ-45143 при заданных условиях эксплуатации можно рекомендовать использовать следующее уравнение:

$$G = 34,33 e^{0,0178(V-45)}, \quad (4)$$

параметры которого получены по реальным экспериментальным данным.

Для оценки влияния типа и состояния дорожного покрытия на расход топлива при различных скоростных режимах проведен анализ результатов экспериментальных исследований, представленных на рисунке 3 [4].

Исходя из экспериментальных среднестатистических данных, определим аналитическую модель зависимости расхода топлива G от типа и состояния дорожного покрытия (рис. 3). Исследования показали, что в рассматриваемых диапазонах влияние типа и состояния дорожного покрытия на расход топлива грузовых автомобилей можно описать экспоненциальной моделью:

$$G = G_0 e^{\delta f_d}, \quad (5)$$

где G – расход топлива, л/100 км; G_0 – наименьшее значение расхода топлива, л/100 км; δ – коэффициент возрастания; f_d – коэффициент сопротивления качению.

Таблица 1.

Значения коэффициентов сопротивления качению автомобиля КамАЗ-45143 [3]

Тип и состояние поверхности дороги	Коэффициент сопротивления качению f	Коэффициент сопротивления качению f_d
Асфальтобетонная дорога	0,018±0,0011	-
Асфальтобетонная дорога, мокрая поверхность (слой снега до 1см)	0,021±0,0012	0,003
Гравийно-щебеночная дорога	0,027±0,0014	0,009
Гравийно-щебеночная дорога, мокрая поверхность (слой снега до 1см)	0,031±0,0013	0,013
Грунтовая дорога	0,045±0,002	0,027
Грунтовая дорога, мокрая поверхность (слой снега до 1см)	0,153±0,0085	0,135

Для определения параметров модели (5) коэффициент возрастания δ является физической величиной, обратной коэффициенту сопротивления качения, в течение которого расход топлива увеличивается в e раз.

Достоверность аппроксимации составляет 0,993 для предлагаемой однофакторной математической модели (рис. 3). Следовательно, для моделирования влияния типа и состояния дорожного покрытия на расход топлива автомобиля КамАЗ-45143 можно рекомендовать использовать следующее уравнение:

$$G = 31e^{9,05f_d}, \quad (6)$$

параметры которого получены по реальным экспериментальным данным.

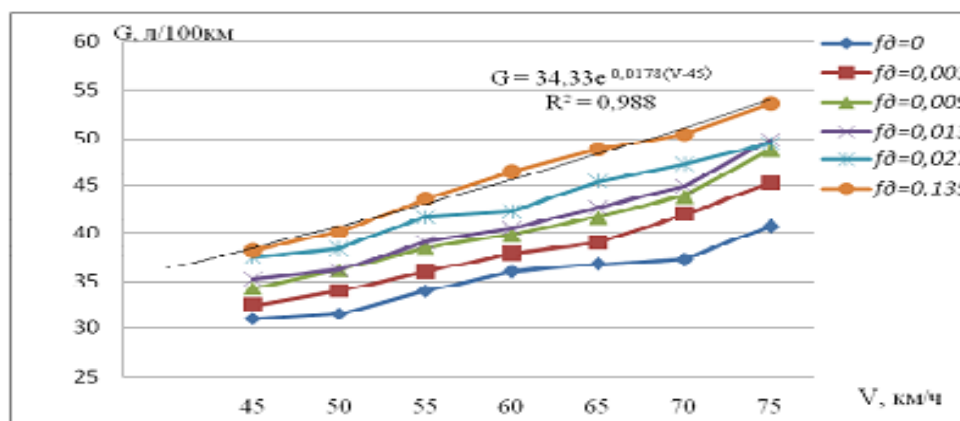


Рисунок 2 – Зависимость расхода топлива автомобиля КамАЗ-45143 от скорости движения

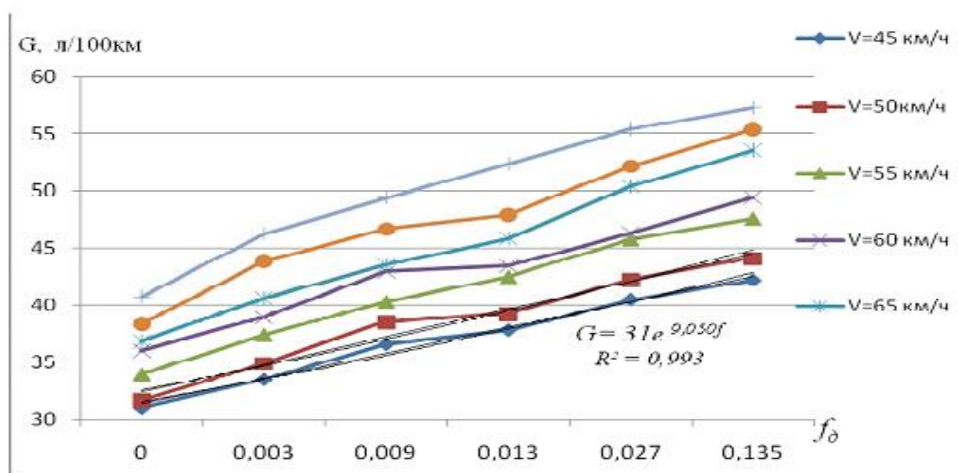


Рисунок 3 – Зависимость расхода топлива автомобиля КамАЗ-45143 от типа и состояния дорожного покрытия

Для описания совместного влияния типа, состояния дорожного покрытия и скорости движения автомобиля на основе однофакторных моделей определена мультипликативная многофакторная модель. Искомая математическая модель имеет вид:

$$G = G_0 e^{\delta_1(V-V_0)} e^{\delta_2 f_{\delta}} \quad (7)$$

Обозначения в формулах (7) и (8) полностью совпадают с предыдущими обозначениями.

Пользуясь полученными численными значениями параметров математических моделей в рассматриваемых условиях эксплуатации грузовых автомобилей, модель (6) принимает вид:

$$G = 31e^{0,0178(V-45)} e^{9,050 f_{\delta}} \quad (8)$$

В заключение следует отметить, что при эксплуатации грузовых автомобилей на показатели топливной экономичности существенно влияют сезонные условия. На основе экспериментальных исследований определен вид двухфакторной математической модели совместного влияния типа, состояния дорожного покрытия и скорости движения на расход топлива автомобиля. Исследуемые зависимости описываются экспоненциальными математическими моделями, приведенными в данной работе.

Внедрение полученных математических моделей в ИСМ при планировании доставки грузов позволяет адекватно интерпретировать и моделировать процессы изменения качества грузовых автомобилей с учетом сезонной вариации условий эксплуатации, что позволит в свою очередь наиболее точно определить пути снижения расхода топлива и, как следствие, повысить эффективность использования транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щитов С.В., Кривуца З.Ф. Оптимизация работы автомобильного транспорта с использованием навигационных систем ГЛОНАСС и GPS// Научное обозрение. – 2011. - № 6. – С. 87-92.
2. Кутько Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства – М.: КолосС, 2004. – 504 с.
3. Щитов С.В., Тихончук П.В., Кривуца З.Ф. Влияние дорожного покрытия на коэффициент сопротивления качению грузовых автомобилей // Научное обозрение. – 2013. - № 6. – С. 29-34.
4. Кривуца З.Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения

АПК Амурской области: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра. техн. наук (05.20.01)/ Кривуца Зоя; ФГБОУ ВПО «Дальневосточный ГАУ». – Благовещенск, 2015. – 42 с.

REFERENCES

1. Schitov S.V., Krivutsa Z.F. Optimizatsiya raboty avtomobil'nogo transporta s ispol'zovaniem navigatsionnykh system GLONASS I GPS // Nauchnoe obozrenie. – 2011. - № 6. – S. 87-92.
2. Kut'ko G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva – М.: КолосС, 2004. – 504 s.
3. Shchitov S.V., Tikhonchuk, P.V., Krivutsa Z.F. Vliyaniye dorozhnogo pokrytiya na koeffitsient soprotivleniya kacheniyu gruzovykh avtomobilei // Nauchnoe obozrenie. – 2013. - № 6. – S. 29-34.
4. Krivutsa Z.F. Povysheniye effektivnosti nransportno-nechnologicheskogo obespecheniya APK Amurskoi oblasti: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra. techn. nauk (05.20.01) / Krivutsa Zoiya; FGBOU VPO «Dal'novostochnyi GAU». – Blagoveshchensk, 2015. – 42 s.

МОНИТОРИНГ ЖҮК АВТОМОБИЛЬДЕРІН ПАЙДАЛАНУ ЖАҒДАЙЫНЫН ЖАНАРМАЙ ҮНЕМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

Н.К. Камиллов¹, О.П. Волобуева²

¹ИТМО Университеті, Ресей, қ.Санкт-Петербург
²К.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, Қазақстан, қ.Алматы nura_kam@mail.ru

Андатпа: Бұл тармақта автотранспортты техникалардың қозғалыс жылдамдығы мен бірге жол төсемі күйінің әсерлері, жанармай үнемділігі көрсеткішінің өзгеру заңдылығына тәуелділігін көрсететін мониторингті ақпараттық жүйе ұсынылған. Жанармай үнемділігі мәселелерін шешу үшін математикалық модельдер келтірілген. Үлгі жұмысында КамАЗ-45143 автомобильдері ауыл шаруашылық жүктерін тасымалын орындауда, қозғалыс жылдамдығы мен бірге жол төсемі күйінің әсерлері жанармай тұтынуына әсерінің эксперименттік мәліметтері көрсетілген. Жанармай тұтынуының өлшеуі ГЛОНАСС және GPS навигациялық жүйелердің көлік мониторингін қолдануымен жүргізілді. Эксперименттік зерттеу негізінде, жүк автомобильдерінің вариациялы мерзімді жағдайда пайдалану есебімен жанармай тұтынуын, тәнік түсіндіретін және өндеуге мүмкіндік беретін қос факторлы математикалық модель анықталды.

Түйін сөздер: мониторингті ақпараттық жүйе, көлік, пайдалану, математикалық модель, жанармай тұтыну, жол төсемі күйі, қозғалыс жылдамдығы.

THE IMPACT MONITORING OF OPERATING CONDITIONS IN THE FUEL ECONOMY TRUCK

N.K. Kamilov¹, O.P. Volobuyeva²

¹ITMO University, Russia, Saint-Petersburg
²KazNRTU after K.I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty nura_kam@mail.ru

Abstract: This article contains the information monitoring system, showing patterns of change in the fuel economy of vehicles, depending on the joint effect of the state of the road surface and speed. A mathematical model solves the problem of fuel efficiency. Experimental data of the joint effect of the speed and the condition of the road surface for the fuel consumption is presented on the example of the KamAZ-45143 when the transport was of agricultural goods. The fuel consumption measurements were performed using a navigation system GLONASS and GPS vehicle tracking. On the basis of experimental studies is determined the form of two-factor mathematical model to adequately interpret and simulate fuel consumption of trucks, taking into account seasonal variations in operating conditions.

Keywords: information system of monitoring, transportation, operation, mathematical model, fuel consumption, road surface, speed.