

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СРЕДСТВАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Дегтярева К.А., Полторак М.Н.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск*

Ключевые слова: топливная экономичность, нормы расхода топлива, рост грузооборота, дистанционный мониторинг, перевозки грузов автомобильным транспортом, интеллектуальная транспортная система, показатели топливной экономичности, снижение затрат на перевозку, моделирование движения грузовых автомобилей.

Аннотация. На фоне повышения цен на энергоносители и очередного инфляционного витка в глобальной экономике, максимизация топливной эффективности коммерческих грузовиков стала важной целью для многих автотранспортных компаний. Значительный потенциал эффективности в решении данной задачи имеют интеллектуальные транспортные системы. Высокая вычислительная мощность, аналитическое программное обеспечение, возможности подключения и другие характеристики означают, что эти технологии могут обеспечить связь между транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и людьми, что позволит достичь повышения эффективности на уровне всей системы. Анализ процессов обеспечения оперативного контроля расхода топлива грузовых автомобилей показывает перспективность его реализации на основе современных интеллектуальных транспортных систем, главным инструментарием которых выступает метод дистанционного мониторинга. С учетом отмеченного, в процессе исследования формализована математическая модель расхода топлива грузовым автомобилем. Также в статье описан авторский подход к усовершенствованию метода обеспечения топливной экономичности грузовых автомобилей на основе использования интеллектуальных транспортных систем. Определено, что именно на реализации системного взаимодействия трех взаимосвязанных составляющих – процессной, информационной и аналитической базируются необходимые процессы решения поставленной задачи.

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF ENSURING FUEL EFFICIENCY OF TRUCKS BY MEANS OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Degtyareva K.A., Poltorak M.N.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Keywords: fuel efficiency, fuel consumption rates, cargo turnover growth, remote monitoring, automobile transportation of goods, intelligent transport system, fuel efficiency indicators, reduction of transport costs, modeling of truck movement.

Abstract. Against the backdrop of rising energy prices and another round of inflation in the global economy, maximizing the fuel efficiency of commercial trucks has become an important goal for many trucking companies. Intelligent transportation systems have a significant potential for efficiency in solving this problem. High computing power, analytical software, connectivity, and other features mean that these technologies can provide connectivity between transportation infrastructure, vehicles, and people, which can lead to improved efficiency at a system-wide level. Analysis of the processes of providing operational control of fuel consumption of trucks shows the prospect of its realization on the basis of modern intelligent transportation systems, the main toolkit of which is the method of remote monitoring. Taking into account the noted in the process of research the mathematical model of fuel consumption by a truck is formalized. The article also describes a general approach to improving the method of ensuring fuel efficiency of trucks on the basis of intelligent transportation systems. It is determined that it is on the realization of system interaction of three interrelated components of process, informational and analytical that the necessary processes of solving the task are based.

Введение

Перевозки грузов автомобильным транспортом на значительные расстояния (в межрегиональном и международном сообщении) характеризуются постоянным ростом грузооборота, что в свою очередь выдвигает требования к повышению эффективности работы автомобильного транспорта. На основании этого можно спрогнозировать, что перспектива дальнейшего развития отрасли будет определяться, прежде всего, развитием

конструкции и рациональным применением подвижного состава при одновременном снижении затрат на перевозку [1].

Понятие энергоэффективности и ходового потребления является основой автомобильной отрасли. Под энергоэффективностью понимается способность транспорта выполнять транспортные работы в условиях регламента с минимально возможными расходами топлива [2]. В свою очередь нормы расхода устанавливаются согласно стандартам, в соответствии с которыми применяются следующие показатели: топливные характеристики автомобиля с постоянным и переменным движением, расход топлива в различных условиях нагрузки.

Из опыта эксплуатации грузовых автомобилей известно, что при одинаковой средней скорости расход топлива может колебаться в пределах 20% и будет зависеть от неравномерного характера движения [3]. Анализ процессов обеспечения оперативного контроля расхода топлива грузовых транспортных средств показывает перспективность их реализации на основе современных интеллектуальных транспортных систем, которые опираются на результаты дистанционного мониторинга. Этот тип мониторинга представляет собой достаточно эффективный инструмент, его назначение – осуществлять контроль не только за местонахождением и перемещением автомобиля, но также за большим количеством параметров его технического состояния.

Таким образом, обозначенные обстоятельства определяют выбор темы данной статьи, а также подтверждают ее теоретическую и практическую значимость.

Анализ публикаций по теме исследования. Типичные конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на расход топлива в процессе движения автомобиля, описываются Коноваловым Д.С., Гуковым Н.В., Нерсесяном А.А., Тарановым М.А., Гуляевым П.В.

Над разработкой методики многофакторного исследования и количественной оценки взаимосвязи типа и состояния дороги, скорости движения и загрузки грузового автомобиля с его топливной экономичностью трудятся Кучер А.В., Замятин А.В., Ковалевский В.Н., Кривуца З.Ф., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е.

Перспективы и возможности использования интеллектуальных транспортных систем изучаются Семичевой О.С., Эшелиоглу Р.И., Логиновой И.М., Кондратенковой Т.И., Кузнецовой А.А., Панфиловым А.С.

Нерешенные части общей проблемы. Несмотря на имеющиеся труды и наработки, ряд проблемных вопросов в данной предметной плоскости остается открытым. В частности, отдельного внимания заслуживает разработка алгоритма компьютерного моделирования движения грузовых автомобилей и расчета показателей топливной экономичности на разных типах дорог. Также в уточнении нуждаются модели, на основании которых могут быть определены показатели топливной экономичности автомобилей при использовании двигателей разной мощности.

Итак, принимая во внимание изложенное, **цель статьи** заключается в рассмотрении возможностей обеспечения топливной экономичности грузовых автомобилей средствами интеллектуальных транспортных систем.

Математическая модель расхода топлива грузовым автомобилем. Суммарный расход топлива на маршруте определяется на основе математической модели двигателя, позволяющей установить значение часового расхода топлива в зависимости от режима работы двигателя – при известных частотах вращения и крутящем моменте на валу (или коэффициенте использования мощности двигателя) [4]. Такая зависимость может быть построена на основе двенадцати известных (опорных) значений часового расхода топлива двигателя, измеренных при испытаниях двигателя по Правилам ООН №49 в условиях испытательного цикла ESC [5, 6]. Данный испытательный цикл составляют 13 режимов работы двигателя, один из которых – режим холостого хода, остальные 12 режимов охватывают различные рабочие диапазоны частот вращения и нагрузок двигателя. Опорные значения часового расхода топлива, определенные для этих 12 режимов, формируют поверхность s' (рис. 1), которая состоит из точек, определяющих расход топлива для разных режимов работы двигателя.



Рис. 1. Часовой расход топлива для разных режимов работы двигателя

Аналитическая интерпретация указанной математической модели базируется на решении системы из 12 условий [7]:

$$\begin{aligned}
 G(n_A, M_{100A}) &= G_{100}^A, G(n_B, M_{100B}) = G_{50}^A, G(n_B, M_{75A}) = G_{75}^A, \\
 G(n_A, M_{50A}) &= G_{50}^A, G(n_A, M_{75A}) = G_{75}^A, G(n_A, M_{25A}) = G_{25}^A, \\
 G(n_B, M_{100B}) &= G_{100}^B, G(n_B, M_{25A}) = G_{25}^B, G(n_C, M_{100C}) = G_{50}^C, \\
 G(n_C, M_{25C}) &= G_{25}^C, G(n_C, M_{75C}) = G_{75}^C, G(n_C, M_{50C}) = G_{50}^C,
 \end{aligned}$$

где $G(n_i, M_j)$ – значение часового расхода топлива, найденное с помощью математической модели для режима работы двигателя, который характеризуется частотой вращения n_i и крутящим моментом M_j ; G_X^Y – часовой расход топлива, измеренный при испытаниях двигателя в режиме цикла ESC, при котором установлены крутящий момент – X и частота вращения – Y .

Часовой расход топлива определяется по двумерной функции вида:

$$G(n, M) = A(M)n^2 + B(M)n + C(M), \text{ кг/ч,}$$

Коэффициенты $A(M)$, $B(M)$, $C(M)$ зависят от текущего крутящего момента и опорных частот вращения [8].

Целевым функционалом процесса повышения топливной экономичности грузового автомобиля в условиях эксплуатации ($Q(G)$), является сочетание объективных и субъективных факторов его эксплуатации, обеспечивающих минимальный расход топлива [9]. Объективные факторы зависят от особенностей нормирования расхода топлива на маршруте (части маршрута) (M_{i1}), полной массы (M_{i2}) транспортного средства и условий его эксплуатации (M_{i3}) с такими детерминирующими факторами как: дорожные (M_{13}), транспортные (M_{23}), природно-климатические (M_{33}) и культура труда (M_{43}). Субъективные факторы зависят от технического состояния транспортного средства (T_{ST}) и режимов управления (P_{DU}). Предложенный функционал может быть представлен в таком виде:

$$\begin{aligned}
 \{Q(G) = F_T((M_{i1}, M_{i2}, M_{i3}(M_{13}, M_{23}, M_{33}, M_{43})); (T_{ST}, P_{DU})) \rightarrow \max, \\
 G \rightarrow \min.
 \end{aligned}$$

Интеллектуальная транспортная система. Для решения выше указанной задачи на практике предлагаем использовать интеллектуальную транспортную систему, которая представляет собой функционально объединенные измерительные, вычислительные и вспомогательные средства, устройства и принадлежности, предназначенные для получения, преобразования и обработки информации с целью ее использования в процессах контроля, диагностирования и идентификации [10]. Для того, чтобы получать необходимую информацию о состоянии работы двигателя в режиме «on-line», грузовой автомобиль оснащается устройством регистрации данных CAN (ControlAreaNetwork), разработанным в

соответствии со стандартом OBD-II (On-BoardDiagnosis). Ключевые факторы такие как скорость, обороты двигателя, температура охлаждающей жидкости и координаты местоположения автомобиля, собираются системой мониторинга, которая установлена в автомобиле и состоит из микроконтроллера PIC, приемопередатчика MCP2551, а также GPS-модуля и WIFI-приемопередатчика. Собранные данные будут передаваться на веб-сервер, разработанный по протоколу HTTP с фиксированным IP-адресом. После этого графический интерфейс считывает полученные данные с веб-страницы, связанной с сервером. Все данные отображаются на виртуальной приборной панели, которая выполняет функцию блока удаленного мониторинга.

Будучи интеллектуальным устройством, которое собирает данные об автомобиле, отслеживает и анализирует работу двигателя, система, описанная в статье, может быть развернута в любом автомобиле, оснащенный протоколом OBD-II.

Таким образом, предлагаемая интеллектуальная транспортная система базируется на системном взаимодействии трех взаимосвязанных составляющих: процессной, информационной и аналитической, схематическое изображение которых представлено на рисунке 2.

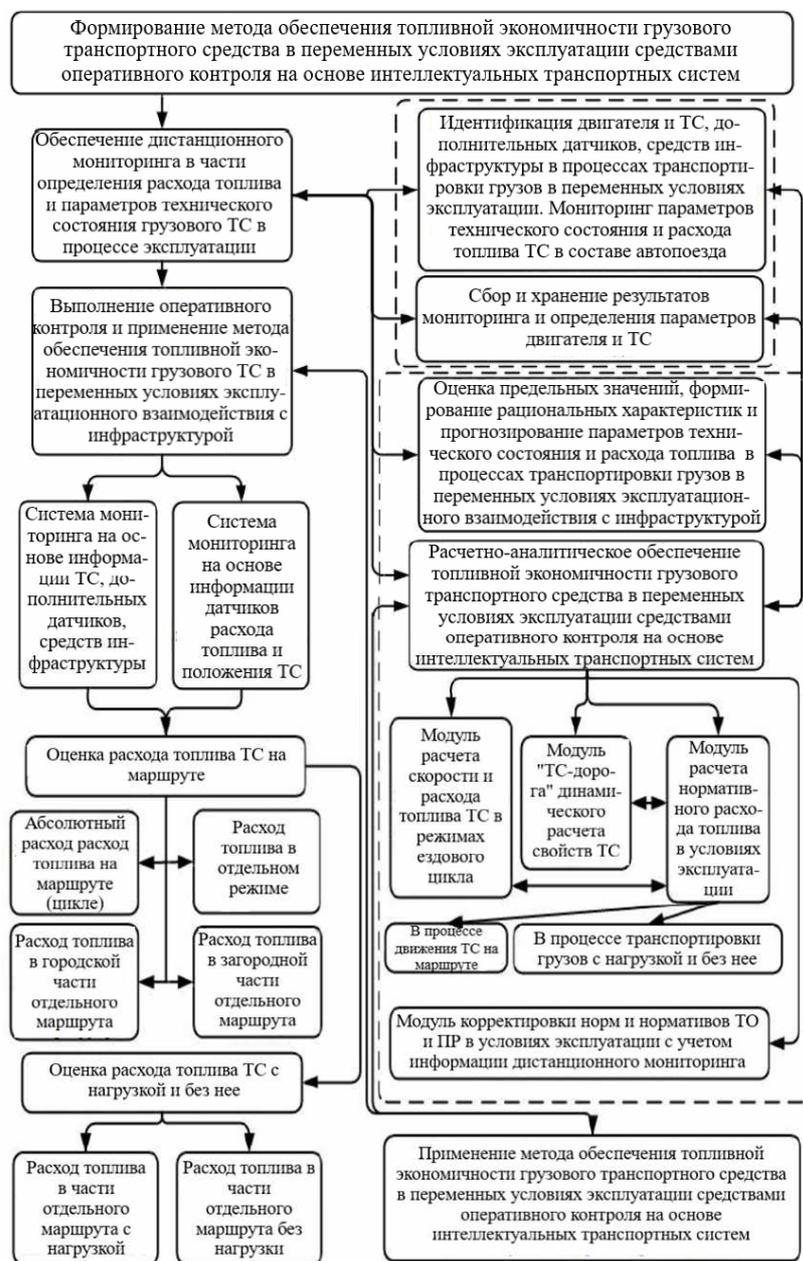


Рис. 2. Схема интеллектуальной транспортной системы для обеспечения топливной экономичности грузовых автомобилей

Заключение. В статье описан общий подход к усовершенствованию метода обеспечения топливной экономичности грузовых автомобилей на основе использования интеллектуальных транспортных систем в реальных условиях эксплуатации. Определено, что именно на реализации системного взаимодействия трех взаимосвязанных составляющих – процессной, информационной и аналитической и базируются необходимые процессы решения поставленной задачи.

Список литературы

1. Волков Е.В. Оценочные параметры и характеристики топливной экономичности автомобиля с механической трансмиссией // Грузовик. – 2023. – № 6. – С. 14-17.
2. Раков В.А., Трушин Н.Н. Анализ приспособленности трансмиссии автомобиля к характеристике топливной экономичности двигателя // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 1(76). – С. 95-102.
3. Дурницын О.А. Способ фильтрации данных GPS для цикла движения. Исследование топливной экономичности специального автомобиля // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2022. – №2(30). – С. 19-24.
4. Семичева О.С., Эшлиоглу Р.И., Логинова И.М. Развитие интеллектуальных транспортных систем в современных условиях // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Т. 13, № 2-2. – С. 84-90.
5. Терентьев А.В., Арифиллин И.В., Егоров В.Д., Андреев А.Ю. Математические модели принятия решений в интеллектуальных транспортных системах // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1(64). – С. 106-113.
6. Ушнурцев С.В., Келлер А.В. Имитационная модель комплексной системы распределения мощности автомобиля многоцелевого назначения // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2022. – № 1-2(163-164). – С. 29-39.
7. Дурницын О.А. Моделирование расхода топлива для тяжелых транспортных средств с использованием искусственных нейронных сетей // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2021. – № 4(28). – С. 9-15.
8. Шадрин С.С., Алексеев В.А. Разработка методики оптимизации расхода топлива высокоавтоматизированных автотранспортных средств при движении по автомагистралям // Строительные и дорожные машины. – 2021. – № 9. – С. 44-49.
9. Григорьев М.В., Зенченко В.А., Шуваева Н.С. Исследование и разработка устройства измерения расхода топлива для бензиновых ДВС // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 4(67). – С. 3-9.
10. Фёдоров Е.А. Применение процессно-объектного подхода в интеллектуальной транспортной системе для формирования управляющих решений // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 80-85.

References

1. Volkov E.V. Estimated parameters and characteristics of fuel efficiency of a car with a manual transmission // Truck. 2023, no. 6, pp. 14-17.
2. Rakov V.A., Trushin N.N. Analysis of the adaptability of the car's transmission to the characteristics of the fuel efficiency of the engine // World of transport and technological machines. 2022, no. 1, pp. 95-102.
3. Durnicyn O.A. A way to filter GPS data for a driving cycle. Investigation of the fuel efficiency of a special car // Intelligent technologies in transport. 2022, no. 2, pp. 19-24.
4. Semicheva O.S., Eshelioglu R.I., Loginova I.M. The development of intelligent transport systems in modern conditions // International Journal of Advanced Studies. 2023, no. 2-2, pp. 84-90.
5. Terent'ev A.V., Arifullin I.V., Egorov V.D., Andreev A.Yu. Mathematical models of decision-making in intelligent transport systems // Bulletin of the Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI). 2021, no. 1, pp. 106-113.
6. Ushnurcev S.V., Keller A.V. Simulation model of an integrated multi-purpose vehicle power distribution system // Issues of defense technology. Series 16: Technical means of countering terrorism. 2022, no. 1-2(163-164), pp. 29-39.
7. Durnicyn O.A. Simulation of fuel consumption by heavy-duty vehicles using artificial neural networks // Intelligent technologies in transport. 2021, no. 4(28), pp. 9-15.
8. Shadrin S.S., Alekseev V.A. Development of a methodology for optimizing fuel consumption of highly automated vehicles when driving on motorways // Construction and road vehicles. 2021, no. 9, pp. 44-49.
9. Grigor'ev M.V., Zenchenko V.A., Shuvaeva N.S. Research and development of a fuel consumption measurement device for gasoline internal combustion engines // Bulletin of the Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI). 2021, no. 4(67), pp. 3-9.
10. Fedorov E.A. Application of the process-object approach in an intelligent transport system for the formation of management solutions // Bulletin of transport of the Volga region. 2023, no. 3, pp. 80-85.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Дегтярева Карина Александровна – кандидат технических наук, доцент	Degtyareva Karina Aleksandrovna – candidate of technical sciences, associate professor
Полторак Мария Николаевна – кандидат социологических наук, доцент	Poltorak Mariya Nikolaevna – candidate of sociological sciences, associate professor
karina.degtyareva.2014@mail.ru	

Получена 24.07.2024