

МЕТОДИКА КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ФАКТИЧЕСКОМ РАСХОДЕ ТОПЛИВА

Д. А. Дрючин¹, С. В. Булатов²

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹ e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

² e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru

Р. Р. Загидуллин³

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

³ e-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

Аннотация. Использование обоснованных нормативов технической эксплуатации автотранспортных средств является залогом повышения эффективности транспортного процесса. Ввиду того, что ряд нормативов технической эксплуатации автомобилей не обновлялся на протяжении многих лет, актуальной проблемой является совершенствование методов нормирования технологических параметров технической эксплуатации автотранспортных средств.

Целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе разработки и внедрения методики корректировки нормативной периодичности технического обслуживания по величине фактического расхода топлива.

В основу предложенного авторами подхода положена гипотеза о том, что работа, совершаемая узлами и агрегатами транспортных средств, эквивалентна суммарному расходу топлива. Следовательно, использование данного параметра в качестве аргумента функции определения периодичности профилактических воздействий позволяет более полно учесть условия эксплуатации транспортных средств, характер выполняемой транспортной работы, технические, ресурсные и конструктивные особенности.

При разработке методики корректировки нормативной периодичности профилактических воздействий по величине суммарного расхода топлива использованы методы математического анализа и статистической обработки результатов натурных обследований.

В результате проделанной работы предложен новый методический подход к назначению периодичности профилактических воздействий по величине суммарного расхода топлива; разработана методика корректировки базовых норм периодичности технического обслуживания автотранспортных средств на основе данных о фактическом расходе топлива, позволяющая установить значения суммарного расхода топлива, определяющие необходимость проведения профилактических работ.

Научную новизну работы составляют:

- методический подход к назначению периодичности профилактических воздействий по величине суммарного расхода топлива;
- методика определения значений суммарного расхода топлива, определяющих необходимость выполнения профилактических воздействий;
- значения коэффициента приведения расхода топлива при движении по стандартному ездовому циклу к условиям движения по автомагистрали, определённые для различных категорий автотранспортных средств и необходимые для практического применения разработанной методики.

Практическая значимость результатов исследования определяется новым подходом к назначению периодичности технического обслуживания, позволяющим более полно учесть фактические эксплуатационные факторы, влияющие на ресурсные характеристики транспортных средств.

По результатам практического применения разработанной методики установлено, что при эксплуатации автобусов КАВЗ-4235 в черте города периодичность ТО-2 может быть увеличена на 30%, а за пределами пригородной зоны – на 45%. Исходя из полученных данных, разработаны рекомендации по практическому применению представленных методов корректирования нормативной периодичности ТО по суммарному расходу топлива. Выполнены прогнозные расчёты периодичности технических обслуживаний для других категорий транспортных средств.

Ключевые слова: нормативы технической эксплуатации, автотранспортное средство, автотранспортное предприятие, расход топлива, техническое обслуживание, корректировка нормативов.

Для цитирования: Дрючин Д. А., Булатов С. В., Загидуллин Р. Р. Методика корректировки нормативной периодичности технического обслуживания автотранспортных средств на основе данных о фактическом расходе топлива // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 1. – С. 93–101, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-93>.

METHODOLOGY FOR ADJUSTING THE STANDARD FREQUENCY OF VEHICLE MAINTENANCE BASED ON DATA ON ACTUAL FUEL CONSUMPTION

D. A. Dryuchin¹, S. V. Bulatov²

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹ e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

² e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru

R. R. Zagidullin³

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

³ e-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

Abstract. *The use of reasonable standards for the technical operation of motor vehicles is the key to improving the efficiency of the transport process. Due to the fact that a number of standards for the technical operation of vehicles have not been updated for many years, an urgent problem is the improvement of methods for rationing the technological parameters of the technical operation of vehicles.*

The purpose of the study is: improving the efficiency of the operation of motor vehicles based on the development and implementation of a methodology for adjusting the frequency of maintenance by the amount of actual fuel consumption.

The approach proposed by the authors is based on the hypothesis that the work performed by the nodes and aggregates of vehicles is equivalent to the total fuel consumption. Therefore, the use of this parameter as an argument for the function of determining the frequency of preventive actions allows us to more fully take into account the operating conditions of vehicles, the nature of the transport work performed, technical, resource and design features.

Methods of mathematical analysis and statistical processing of the results of field surveys were used to develop a methodology for adjusting the frequency of preventive effects by the amount of total fuel consumption.

As a result of the work done: a new methodological approach to the appointment of the frequency of preventive actions by the amount of total fuel consumption is proposed; a methodology for adjusting the basic norms of the frequency of maintenance of motor vehicles based on data on actual fuel consumption is developed, which allows to establish the values of total fuel consumption that determine the need for preventive maintenance.

The scientific novelty of the work is:

– *methodical approach to the appointment of the frequency of preventive actions by the amount of total fuel consumption;*

– *methodology for determining the values of total fuel consumption, determining the need to perform preventive actions;*

– *the values of the coefficient of reduction of fuel consumption when driving on a standard driving cycle to the conditions of traffic on the highway, defined for different categories of vehicles and necessary for the practical application of the developed methodology.*

The practical significance of the results of the study is determined by a new approach to the appointment of the frequency of maintenance, which allows more fully to take into account the actual operational factors affecting the resource characteristics of vehicles.

Based on the results of practical application of the developed methodology, it was found that when operating KAVZ-4235 buses in the city, the frequency of TO-2 can be increased by 30%, and outside the suburban area by 45%. Based on the data obtained, recommendations have been developed for the practical application of the presented methods for correcting the regulatory periodicity of the total fuel consumption. Forecast calculations of the frequency of technical services of the categories of vehicles under consideration have been performed.

Key words: *Standards of technical operation, motor vehicle, motor vehicle company, fuel consumption, maintenance, adjustment of standards.*

Cite as: Dryuchin, D. A., Bulatov, S. V., Zagidullin, R. R. (2022) [Methodology for adjusting the standard frequency of vehicle maintenance based on data on actual fuel consumption]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 1, pp. 93–101, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-93>.

Введение

Использование обоснованных нормативов технической эксплуатации автотранспортных средств (АТС) является залогом повышения эффективности технической эксплуатации автотранспортных средств. Актуальной проблемой, стоящей перед автотранспортным комплексом нашей страны, является совершенствование нормативной и технологической базы, обеспечение соответствия нормативов технической эксплуатации современному уровню научно-технического и технологического развития общества [1, 8, 14].

Результаты литературного обзора, выполненного по теме исследования [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16], позволили сформулировать предположение о том, что определение периодичности технического обслуживания (ТО) и ресурсных характеристик транспортных средств на основе данных о фактическом расходе топлива позволяет более полно учесть нагрузки и условия эксплуатации АТС, что, в свою очередь, способствует повышению их безотказности и долговечности.

Представленное исследование направлено на совершенствование системы нормирования технологических процессов обслуживания и ремонта АТС на основе данных о фактическом расходе топлива.

Научную новизну работы составляют:

- методический подход к корректированию базовых норм периодичности профилактических воздействий по величине суммарного расхода топлива;

- методика определения значений суммарного расхода топлива, определяющих необходимость выполнения профилактических воздействий;

- значения коэффициента приведения расхода топлива при движении по стандартному ездовому циклу к условиям движения по автомагистрали, определённые для различных категорий автотранспортных средств и необходимые для практического применения разработанной методики.

Практическая значимость результатов исследования определяется новым подходом к корректированию базовых норм периодичности технического обслуживания, позволяющим более полно учесть фактические эксплуатационные факторы, влияющие на ресурсные характеристики транспортных средств.

Обзор по теме исследования

Существующие методы определения периодичности профилактических воздействий [12], такие как технико-экономический, экономико-ве-

роятностный, а также определение по допустимому уровню безотказности, по закономерности изменения параметра технического состояния и его допустимому значению, в той или иной степени позволяют произвести уточняющий расчёт периодичности ТО для группы АТС (на основе анализа статистических данных), оперируют усреднёнными показателями и не решают основную проблему – учёт индивидуальных особенностей технического состояния и условий эксплуатации каждого конкретного автомобиля.

Исходя из обозначенной проблемы, сформулирована **цель исследования**: повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе разработки и внедрения методики корректирования базовых норм периодичности технического обслуживания по величине фактического расхода топлива.

Теоретическая часть исследования

В основу разработанной теории положено утверждение о том, что работа, совершаемая узлами и агрегатами транспортного средства, эквивалентна суммарному расходу топлива.

Расход топлива более достоверно отражает интенсивность и длительность нагружения подвижных сопряжений АТС, долю времени в течение которого реализуются переходные режимы разгона и торможения. От количества израсходованного топлива зависят изменения, происходящие со смазочными материалами, в первую очередь, с моторным маслом. Как следствие – расход топлива прямо или косвенно определяет состояние топливных, масляных и воздушных фильтров.

Следовательно, суммарный расход топлива можно считать более достоверным критерием, по которому целесообразно назначать периодичность технического обслуживания транспортных средств.

В настоящее время достаточно детально разработаны и опробованы на практике две нормативные базы, определяющие рассматриваемые аспекты технической эксплуатации АТС.

Первая нормативная база определяет периодичность технического обслуживания как функцию от пробега¹.

Вторая нормативная база определяет нормативный (нормируемый) расход топлива, который в обобщённом виде также можно представить как функциональную зависимость от пробега АТС².

Объединение данных функций в систему, с последующим исключением пробега, позволит выве-

¹ Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Минавтотранс РСФСР. – Москва, 1986. – 72 с.

² Методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте». Приложение к распоряжению Минтранса России от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76009/ (дата обращения: 15.09.2021).

сти функцию зависимости периодичности технических обслуживаний от расхода топлива, что является одним из результатов, определяемых целью исследования.

$$\begin{cases} L_{\text{Тоi}} = f(S) \\ Q_{\text{H}} = q(S) \end{cases} \quad (1)$$

Искомая функция:

$$L_{\text{Тоi}} = f(Q_{\text{H}}). \quad (2)$$

Корректное преобразование обозначенных зависимостей может быть выполнено при условии, что расчёт производится для транспортных средств одной и той же модели и модификации, эксплуатируемых в идентичных условиях.

Базовая норма расхода топлива определяется в условиях сочетания городского ездового цикла и движения по автомагистрали³.

Нормативный пробег между профилактическими воздействиями (в соответствии с действующими нормами) определяется в условиях движения транспортных средств за пределами пригородной зоны, что соответствует условиям движения по автомагистрали.

Для сопоставления двух указанных методов нормирования необходимо определить долю пробега, приходящуюся на движение в условиях городского цикла, и осуществить приведение указанной доли к пробегу в условиях движения по автомагистрали.

Исходя из утверждённой типовой методики определения базовых норм расхода топлива³, расчёт базовой нормы расхода топлива, после проведения необходимых испытаний, выполняется по формуле:

$$H_S = H_{\text{Гор}} \cdot d_{\text{Гор}} + H_{\text{Маг}} \cdot d_{\text{Маг}} \quad (3)$$

где

$H_{\text{Гор}}$ – расход топлива при испытании в условиях городского цикла, л/100 км;

$d_{\text{Гор}}$ – коэффициент весомости городского маршрута;

$H_{\text{Маг}}$ – расход топлива при движении по автомагистрали, л/100 км;

$d_{\text{Маг}}$ – коэффициент весомости маршрута по автомагистрали.

В соответствии с методическими рекомендациями «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»², при движении в условиях города установлена надбавка к базовой норме расхода топлива. Величина надбавки зависит от численности населения города и может изменяться в пределах от 10 до 25%. Для дальнейших расчётов принимаем среднее значение надбавки – 15%. При равномерном распределении данной надбавки между слагаемыми формулы 3, указанная формула приобретает вид:

$$H_S = H_S \cdot (1+0,15) \cdot d_{\text{Гор}} + H_S \cdot (1-0,15) \cdot d_{\text{Маг}} \quad (4)$$

Приведённая норма расхода топлива, соответствующая условиям движения АТС исключительно по автомагистрали, определяется по формуле:

$$H_{\text{СПрив}} = H_S \cdot (1+0,15) \cdot d_{\text{Гор}} \cdot (1-0,15) + H_S \cdot (1-0,15) \cdot d_{\text{Маг}} \quad (5)$$

После преобразования получим:

$$H_{\text{СПрив}} = H_S \cdot 0,98 \cdot d_{\text{Гор}} + H_S \cdot 0,85 \cdot d_{\text{Маг}} \quad (6)$$

$$H_{\text{СПрив}} = H_S \cdot (0,98 \cdot d_{\text{Гор}} + 0,85 \cdot d_{\text{Маг}}) \quad (7)$$

Сомножитель в скобках в формуле 7 можно считать коэффициентом приведения расхода топлива при движении по стандартному ездовому циклу к условиям движения по автомагистрали. Значения коэффициента приведения, определённые для различных категорий АТС, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов приведения расхода топлива для различных категорий АТС

Тип АТС	Коэффициент приведения $k_{\text{П}}$
Автомобили легковые, грузовые и автобусы полной массой до 3,5 т	0,92
Автобусы ведомственные	0,93
Автобусы междугородные	0,88
Автобусы туристические	0,9
Автобусы пригородные	0,9
Автобусы городские	0,98

Источник: разработано авторами на основе Методики определения базовых норм расхода топлива³

³ Методика определения базовых норм расхода топлива / Минтранс РСФСР. – Москва, 1997. – 21 с.

Таким образом, расход топлива, необходимый для совершения пробега между техническими обслуживаниями, может быть определён по формуле:

$$Q_{TO} = L_{TO} \cdot H_S \cdot k_{II} \cdot 0,01. \quad (8)$$

Данная формула справедлива для случая, когда АТС эксплуатируется в типовых условиях эксплуатации, то есть движение по дорогам с асфальто-бетонным покрытием вне пригородной зоны, по равнинной местности, в условиях умеренного климата.

Полученные таким образом значения суммарного расхода топлива могут быть использованы в качестве критерия при назначении периодичности технических обслуживаний.

При принятии установленной величины суммарного расхода топлива в качестве критерия для определения периодичности технического обслуживания может быть определён или спрогнозирован пробег, при котором достигается установленный расход.

На примере автобусов формула примет следующий вид:

$$Q_H = 0,01 \cdot H_S \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D) + H_{om} \cdot T, \quad (9)$$

где

H_{om} – норма расхода топлив при использовании штатных независимых отопителей, л/ч;

T – время работы автомобиля с включенным отопителем, ч.

Преобразовав выражение (9) и заменив в полу-

ченной формуле величину нормативного расхода топлива на величину расхода топлива, необходимого для совершения пробега между техническими обслуживаниями, получим выражение для определения пробега между техническими обслуживаниями:

$$L_{TO} = (Q_{TO} - H_{om} \cdot T) / (0,01 \cdot H_S \cdot (1 + 0,01 \cdot D)). \quad (10)$$

Полученная формула может быть использована для расчёта производственной программы автотранспортных предприятий, для составления графиков постановки автотранспортных средств на техническое обслуживание, а также для сравнительного анализа существующих и предлагаемых нормативов технического обслуживания.

Таким образом, созданы теоретические предпосылки, обеспечивающие достижение поставленной цели.

Экспериментальные исследования

Практическая апробация выдвинутых теоретических положений проведена на одном из крупнейших транспортных предприятий города Оренбурга, АО «Автоколонна № 1825».

В качестве объекта исследования выбраны автобусы марки КАВЗ-4235 в количестве 77 единиц со среднегодовым пробегом 60 тыс. км, также учтено время работы с включенным отопителем 600 ч/год.

Исходные данные, необходимые для проведения расчётно-аналитических исследований в отношении автобусов КАВЗ, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Исходные данные для расчётно-аналитических исследований

Параметр	Значение
Нормативный пробег между ТО-1, км	5000
Нормативный пробег между ТО-2, км	20000
Базовая норма расхода топлива, л/100км	23,0

Источник: Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта¹

В соответствии с разработанной методикой, определён расход топлива, необходимый для совершения пробега между ТО в типовых условиях эксплуатации (формула 8).

$$Q_{TO1} = 5000 \cdot 34 \cdot 0,98 \cdot 0,01 = 1666 \text{ литров};$$

$$Q_{TO2} = 20000 \cdot 34 \cdot 0,98 \cdot 0,01 = 6664 \text{ литров}.$$

Для иллюстрации предложенных проектных мероприятий проведён сравнительный анализ результатов определения периодичности ТО по традиционной и проектной методикам для двух различных вариантов условий эксплуатации.

Первый вариант:

Эксплуатация за пределами пригородной зоны по дорогам с асфальто-бетонным покрытием, равнинная местность в условиях умеренного климата.

Для данного варианта условий эксплуатации, в соответствии с положением о техническом обслуживании и ремонте АТС, корректировка периодичности технического обслуживания выполняется по формуле:

$$L_{TOi} = L_{TOni} \cdot K_1 \cdot K_3, \quad (11)$$

где

L_{TOni} – нормативный пробег между i -ым видом технического обслуживания, км;

K_1 – коэффициент корректировки нормативов технического обслуживания в зависимости от категории условий эксплуатации;

K_3 – коэффициент корректировки нормативов технического обслуживания в зависимости от климатических условий.

Для первого варианта корректирующие коэффициенты имеют следующие значения: $K_1 = 1$; $K_3 = 1$.

$$L_{TO1} = L_{TO1н} = 5000 \text{ км};$$

$$L_{TO2} = L_{TO2н} = 15000 \text{ км}.$$

В соответствии с разработанной методикой, корректирование нормативной периодичности технического обслуживания производится по формуле (10) [15]. По отношению к базовым нормам расхода топлива применяется понижающая поправка 15%. В зимнее время для климатической зоны умеренного климата предусмотрена надбавка в размере 10%, которая действует в течение полугода. Следовательно, среднегодовая величина надбавки составляет 5%. Суммарная надбавка к базовой норме расхода топлива составляет – 10%

$$L_{TO1} = 1666 / (0,01 \cdot 34 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10)) = 5444 \text{ км};$$

$$L_{TO2} = 6664 / (0,01 \cdot 34 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10)) = 21778 \text{ км}.$$

Второй вариант:

Эксплуатация в условиях городского движения, город с населением 1 миллион человек. Зона умеренного климата.

Для второго варианта корректирующие коэффициенты имеют следующие значения: $K_1 = 0,8$; $K_3 = 1$.

$$L_{TO1} = 5000 \cdot 0,8 = 4000 \text{ км};$$

$$L_{TO2} = 15000 \cdot 0,8 = 12000 \text{ км}.$$

В соответствии с разработанной методикой, корректирование нормативной периодичности технического обслуживания также производится по формуле (10). Для условий движения в городах с населением более 1 млн человек применяется надбавка в размере 20%. В зимнее время для климатической зоны умеренного климата предусмотрена надбавка в размере 10%, надбавка действует в течение полугода. Следовательно, среднегодовая величина надбавки составляет 5%. Суммарная надбавка к базовой норме расхода топлива составляет 25%

$$L_{TO1} = 1666 / (0,01 \cdot 34 \cdot (1 + 0,01 \cdot 25)) = 3920 \text{ км};$$

$$L_{TO2} = 6664 / (0,01 \cdot 34 \cdot (1 + 0,01 \cdot 25)) = 15680 \text{ км}.$$

Результаты выполненных расчётов в виде диаграмм представлены на рисунках 1 и 2.

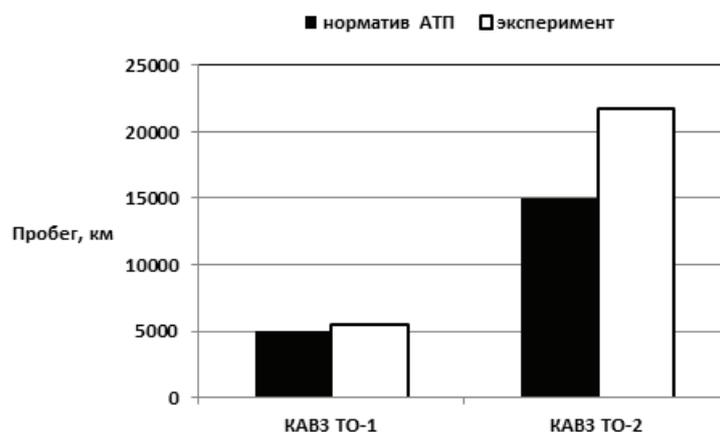


Рисунок 1. Нарботка до технического обслуживания при эксплуатации за пределами пригородной зоны по дорогам с асфальтобетонным покрытием

Источник: разработано авторами

Заключение

На основе совместного анализа и гармонизации типовых методов определения периодичности технического обслуживания и нормативного расхода топлива разработана методика корректировки нормативной периодичности технического обслужива-

ния по суммарному расходу топлива, более точно учитывающая условия эксплуатации автотранспортных средств. Проведены проверочные расчёты периодичности технического обслуживания, позволившие получить более точные значения, отражающие общий объём работы, совершаемой узлами

и агрегатами транспортных средств. Установлено, что при эксплуатации автобусов КАВЗ-4235 в черте города периодичность ТО-2 может быть увеличена на 30%, а за пределами пригородной зоны – на 45%. Увеличение периодичности технического обслуживания приведёт к соответствующему снижению

удельных затрат на его проведение. Исходя из полученных данных, разработаны рекомендации по практическому применению представленных методов корректирования нормативной периодичности ТО в отношении других категорий транспортных средств.

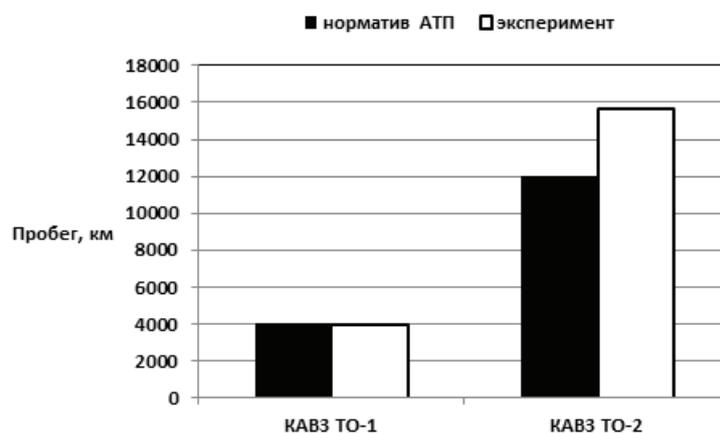


Рисунок 2. Нарботка до технического обслуживания при эксплуатации в городе с населением 1 млн человек

Источник: разработано авторами

Литература

1. Булатов С. В. Анализ современного состояния и проблем пассажирского автомобильного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 1. – С. 29–32.
2. Буракова Л. Н. Влияние различных факторов на расход топлива автомобиля в летний период при работе на режиме холостого хода / Л. Н. Буракова, И. А. Анисимов // Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научно-практической конференции (Тюмень, 17–18 октября 2013 г.). – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 59–65.
3. Буракова Л. Н. Экспериментальные исследования влияния факторов на изменение расхода топлива при работе климатической системы автомобиля // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – № 6 (34) – С. 7–11.
4. Говорущенко Н. Я., Кривошапов С. И. Математическая модель расчета расхода топлива и выбросов вредных веществ на транспорте // XIV Научно-техническая конференция с международным участием «Транспорт, экология – устойчивое развитие» (Варна, 8–10 мая 2008 г.): Сборник доклад. – Варна: Ековарна, 2008. – С. 335–342.
5. Горяев Н. К., Хабибуллозода Х. Х. Обзор исследования факторов, влияющих на расход топлива грузовых автомобилей // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник материалов XIV Международная научно-практическая конференция (Оренбург, 20–22 ноября 2019 г.). – Оренбург, 2019. – С. 172–175.
6. Данилов Р. Г. Определение норм расхода топлива пожарных автомобилей // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 1. – С. 26–28.
7. Данилов Р. Г., Добров А. А. Определение расхода топлива при работе специального оборудования транспортно-технологических машин // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства. Международная научно-практическая конференция (Красноярск, 7-8 апреля, 2016 г.). – Красноярск, 2016. – 710 с.
8. Дворников Г. П., Чекмарева О. В. Методика оценки воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник материалов XIV Международная научно-практическая конференция (Оренбург, 14–16 октября 2003 г.). – Оренбург, 2003. – С. 23–28.
9. Зубрицкас И. И. Анализ отказов и неисправностей автобусов ЛИАЗ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 24–27.
10. Кривошапов С. И. Методика расчета часового расхода топлива для транспортных и специализи-

рованных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции (Тюмень, 14 апреля 2016 г.). – Тюмень, 2016. – С. 190–193.

11. Кузьмин Н. А., Кузьмин А. Н., Ильянов С. В. Анализ состояния дел по нормированию расходов топлива на автомобильном транспорте России // Транспортные системы. – 2017. – № 3. – С. 32–36.

12. Макарова А. Н. Уточнение периодичности технического обслуживания автомобилей в эксплуатации // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 117–120.

13. Суматохин Д. Г. Повышение эффективности разработки индивидуальных маршрутных норм расхода топлива для городских автобусов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2012. – 207 с.

14. Хмельницкий А. Д. Проблемы функционирования автотранспортного бизнеса: эволюция преобразований и стратегические ориентиры развития: монография. – М.: Риор, 2018. – 543 с.

15. Яшин Е. А. Компримированный природный газ – автомобильное топливо // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции (Тюмень, 17 апреля 2020 г.). – Тюмень, 2020. – 458 с.

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

References

1. Bulatov, S. V. (2017) [Analysis of contemporary condition and problems of passenger road transport]. *Nauka i tekhnika transporta* [Science and technology of transport] Vol. 1, pp. 29–32. (In Russ.).

2. Burakova, L. N., Anisimov, I. A. (2013) [The influence of various factors on the fuel consumption of a car in summer while working on idle]. *Neft' i gaz Zapadnoy Sibiri: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Oil and gas in Western Siberia: materials of the international scientific and practical conference]. Tyumen: TSOGU, pp. 59–65.

3. Burakova, L. N. (2013) [Experimental study of the influence of factors on the change in fuel consumption when operating the climate system car]. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy]. Omsk: SibADI. Vol. 6(34), pp. 7–11. (In Russ.).

4. Govorushchenko, N. Ya., Krivoshepov, S. I. (2008) [Mathematical model for calculating fuel consumption and emissions of harmful substances in transport]. *XIV Nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem «Transport, ekologiya – ustoychivoye razvitiye»* [XIV Scientific and Technical conference with international participation «Transport, ecology – sustainable development»]. Varna: Ekovarna, pp. 335–342.

5. Goryaev, N. K., Habibullozoda, H. H. (2019) [Review of the study of factors affecting the fuel consumption of trucks]. *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Progressive technologies in transport systems : a collection of materials of the XIV International Scientific and Practical Conference]. Orenburg : OSU, pp. 172–175.

6. Danilov, R. G. (2005) [Determination of fuel consumption standards of fire trucks]. *Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny* [Construction and road vehicles]. Vol. 1, pp. 26–28. (In Russ.).

7. Danilov, R. G., Dobrov, A. A. (2016) [Determination of fuel consumption during the operation of special equipment of transport and technological machines]. *Transportnyye sistemy Sibiri. Razvitiye transportnoy sistemy kak katalizator rosta ekonomiki gosudarstva. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Transport systems of Siberia. The development of the transport system as a catalyst for the growth of the state's economy. International Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t, 710 p.

8. Dvornikov, G. P. (2003) *Metodika ochenki vozdeystviya avtomobil'nogo transporta* [Methodology for assessing the impact of road transport on the environment]. Orenburg: GOU OSU, pp. 23–28.

9. Zubritskas, I. I. (2014) [Analysis of failures and malfunctions of LIAZ buses]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. Vol. 5, pp. 24–27. (In Russ.).

10. Krivoshepov, S. I. (2016) [Methodology for calculating hourly fuel consumption for transport and specialized machines]. *Transportnyye i transportno-tekhnologicheskiye sistemy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Transport and transport-technological systems: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Tyumen: TSOGU, pp. 190–193.

11. Kuzmin, N. A., Kuzmin, A. N., Ilyanov, S. V. (2017) [Analysis of the state of affairs on rationing fuel consumption in Russian road transport]. *Transportnyye sistemy* [Transport systems]. Vol. 3, pp. 32–36. (In Russ.).

12. Makarova, A. N. (2014) [Clarification of the frequency of maintenance of cars in operation]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region]. Vol. 1, pp. 117–120. (In Russ.).

13. Sumatohin, D. G. (2012) *Povishenie effektivnosti razrabotki individualnih marshrutnih norm rashoda topliva dlya gorodskih avtobusov. Phd.Diss.* [Improving the efficiency of the development of individual route fuel consumption standards for city buses. *Phd.Diss.*]. Moscow, 207 p.

14. Khmelnitsky, A. D. (2018) *Problemy funktsionirovaniya avtotransportnogo biznesa: evolyutsiya preobrazovaniy i strategicheskiye orientiry razvitiya* [Problems of functioning of motor transport business: evolution of transformations and strategic development guidelines]. Moscow: Rior, 543 p. (In Russ.).

15. Yashin, E. A. (2020) [Compressed natural gas – automobile fuel]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Transport and transport-technological systems: materials of the International scientific and technical Conference]. Tyumen: TIU. – 458 p.

16. Turkensteen, M. (2017) The accuracy of carbon emission and fuel consumption computations in green vehicle routing. *European Journal of Operational Research*. Vol. 262. Iss. 2, pp. 647–659. (In Engl.).

Информация об авторах:

Дмитрий Алексеевич Дрючин, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

Сергей Владимирович Булатов, заведующий лабораторией, соискатель кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru

Рамиль Равильевич Загидуллин, кандидат технических наук, доцент кафедры дорожно-строительных машин, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия
e-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 23.09.2021; принята в печать: 09.02.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Dmitry Alekseevich Dryuchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

Sergey Vladimirovich Bulatov, Head of the Laboratory, Applicant for the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru

Ramil Ravilevich Zagidullin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Road Building Machines, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia
e-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

The paper was submitted: 23.09.2021.

Accepted for publication: 09.02.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.