

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ АВТОБУСОВ

В. М. Курганов

Тверской государственный университет, Тверь, Россия
e-mail: glavreds@gmail.com

М. В. Грязнов

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия
e-mail: gm-autolab@mail.ru

А. Н. Дорофеев

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия
e-mail: andorofeev@fa.ru

А. А. Адувалин

МП «Маггортранс», Магнитогорск, Россия
e-mail: aduvalin@mail.ru

Аннотация. Действующие в настоящее время на автомобильном транспорте отраслевые нормы потребления материальных ресурсов носят рекомендательный характер и используются перевозчиками в своей текущей работе для производственного планирования. Отраслевые нормы, регламентированные, например, приказом Минтранса РФ № 158 от 30.05.2019 г., устанавливают ресурсопотребление усредненно для всех автоперевозчиков РФ. Учёт индивидуальных условий эксплуатации подвижного состава и организации транспортного процесса возможен лишь поправочным коэффициентом к норме расхода топлива, методика расчета которого не регламентирована. Результатом является низкая сходимость плановых и фактических показателей перевозок.

Эффективным решением обозначенной проблемы является использование норм ресурсопотребления, рассчитываемых на основе статистических данных о расходе материальных ресурсов, получаемых с помощью средств объективного контроля и хранения данных ERP-систем. Это позволит максимально полностью учесть комплекс значимых факторов, определяющих объём потребления материальных ресурсов, сократить объём складских запасов, повысить оборачиваемость средств, увеличить точность процессов нормирования и ценообразования для любой автотранспортной компании.

Однако обособление таких норм ресурсопотребления требует оценки влияния значимых факторов, установления зависимости между ними и разработки математического аппарата нормирования. Поэтому цель настоящего исследования, состоящая в повышении эффективности перевозок пассажиров автобусами на основе обеспечения достоверности норм расхода материальных ресурсов с учётом индивидуальных условий эксплуатации, направлена на решение актуальной научно-практической задачи.

Теоретические исследования выполнены на основе анализа научной и нормативно-технической литературы, правовой базы, системного, статистического, факторного и технико-экономического анализов, экономико-математического моделирования транспортного процесса, экспертной оценки. Экспериментальные исследования выполнялись в условиях действующих пассажирских автотранспортных предприятий с использованием методов математической статистики, компьютерного моделирования, натурных наблюдений.

Основными результатами, имеющими научную новизну, являются: комплекс качественных характеристик и количественных измерителей факторов, определяющих расход материальных ресурсов при эксплуатации автобусного парка; математические модели по расчёту норм потребления топлива и смазок, запасных частей и автомобильных шин, а также соответствующих нормативных эксплуатационных затрат; зависимости эксплуатационного расхода дизельного топлива, ресурсного пробега автомобильных шин от величины значимых факторов, установленных для автобусов отечественного производства.

Дальнейшие исследования предполагается вести в направлении развития методов ресурсосбережения в автотранспортном комплексе.

Ключевые слова: автобусы, эксплуатационные затраты, нормирование ресурсов, дизельное топливо, скорость сообщения, ресурсопотребление.

Для цитирования: Курганов В. М., Грязнов М. В., Дорофеев А. Н., Адувалин А. А. Методика нормирования материальных ресурсов для автобусов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 1. – С. 102–116, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-102>.

METHODOLOGY FOR RATIONING MATERIAL RESOURCES FOR BUSES

V. M. Kurganov

Tver State University, Tver, Russia
e-mail: glavreds@gmail.com

M. V. Gryaznov

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia
e-mail: gm-autolab@mail.ru

A. N. Dorofeev

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
e-mail: andorofeev@fa.ru

A. A. Aduvalin

Maggortrans ME, Magnitogorsk, Russia
e-mail: aduvalin@mail.ru

Abstract. *The industry standards for the consumption of material resources currently in force in road transport are advisory in nature and are used by carriers in their current work for production planning. Industry standards, regulated, for example, by order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 158 dated May 30, 2019, establish resource consumption on an average for all road carriers of the Russian Federation. Taking into account the individual operating conditions of the rolling stock and the organization of the transport process is possible only by a correction factor to the fuel consumption rate, the calculation method of which is not regulated. The result is low convergence of planned and actual traffic figures.*

An effective solution to this problem is the use of resource consumption rates calculated on the basis of statistical data on the consumption of material resources obtained using the means of objective control and data storage of ERP systems. This will make it possible to fully take into account the complex of significant factors that determine the volume of consumption of material resources, reduce the amount of inventory, increase the turnover of funds, and increase the accuracy of rationing and pricing processes for any trucking company.

However, the substantiation of such resource consumption norms requires an assessment of the influence of significant factors, the establishment of a relationship between them and the development of a mathematical apparatus for normalization. Therefore, the purpose of this study, which is to increase the efficiency of passenger transportation by buses based on ensuring the reliability of material resource consumption rates, taking into account individual operating conditions, is aimed at solving an urgent scientific and practical problem.

Theoretical studies are carried out on the basis of the analysis of scientific and regulatory and technical literature, the legal framework, systemic, statistical, factorial and technical and economic analysis, economic and mathematical modeling of the transport process, and expert evaluation. Experimental studies were carried out in the conditions of operating passenger transport enterprises using the methods of mathematical statistics, computer modeling, field observations.

The main results of scientific novelty are: a set of qualitative characteristics and quantitative indicators of factors that determine the consumption of material resources in the operation of the bus fleet; mathematical models for calculating the consumption rates of fuels and lubricants, spare parts and car tires, as well as the corresponding standard operating costs; dependence of indicators of operating consumption of diesel fuel, resource mileage of automobile tires on the magnitude of significant factors established for domestically produced buses of various capacities.

Further research is supposed to be carried out in the direction of the development of resource saving methods in the motor transport complex.

Keywords: *buses, operating costs, resource rationing, diesel fuel, traffic speed, resource consumption.*

Cite as: Kurganov, V. M., Gryaznov, M. V., Dorofeev, A. N., Aduvalin, A. A. (2022) [Methodology for rationing material resources for buses]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 1, pp. 102–116, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-102>.

Введение

Эффективное управление пассажирскими автомобильными перевозками затруднительно в случае отсутствия обоснованных нормативных показателей потребления материальных ресурсов в транспортном процессе при определенном сочетании влияющих факторов. Наибольшее развитие на автомобильном транспорте получило нормирование потребления топлива, как ресурса, в большей степени определяющего эффективность перевозок. Однако материальное ресурсопотребление в транспортном процессе формирует также расход смазок, запасных частей и автомобильных шин. Более трети себестоимости пассажирских автомобильных перевозок составляют затраты на эти ресурсы.

Действующие в настоящее время отраслевые нормы потребления материальных ресурсов носят рекомендательный характер, однако используются перевозчиками для производственного планирования. Отраслевые (базовые) модели нормирования приведены в таблице 1.

Анализируя таблицу 1, необходимо отметить, что базовые модели нормирования ресурсопотребления при эксплуатации автобусов имеют ряд недостатков, связанных:

- с устареванием норм;
- необходимостью учёта дополнительных влияющих факторов;
- с отставанием существующей нормативной базы от динамики развития автомобилестроения и улично-дорожной сети.

Методики расчёта поправочного коэффициента (суммарной относительной надбавки или снижения) к транспортной норме расхода топлива отсутствуют. Нормирование расхода запасных частей и автомобильных шин производится в ценах прошедших периодов, требует периодической индексации и не учитывает влияние важных факторов, таких, например, как интенсивность эксплуатации и пробег с начала эксплуатации. Результатом является низкая сходимость плановых и фактических показателей перевозок.

В этих условиях возрастает необходимость обоснования норм ресурсопотребления, рассчитываемых на основе статистических данных о расходе материальных ресурсов, получаемых с помощью средств объективного контроля и хранения данных ERP-систем. Это позволит максимально полно учесть комплекс значимых факторов, определяющих объём потребления материальных ресурсов, сократить объём складских запасов, повысить оборачиваемость средств, увеличить точность процессов нормирования и ценообразования для любой автотранспортной компании. Отраслевые нормы в этом случае сохраняют функцию инструмента государственного контроля за соблюдением автопе-

ревозчиками антимонопольного и налогового законодательства.

Предлагаемый в современной научной литературе методический инструментарий и имеющийся опыт нормирования материальных ресурсов на автомобильном транспорте очень разнообразен. Следует отметить отсутствие универсальных методик расчета норм, единого подхода к выбору факторов, влияющих на объём потребления материальных ресурсов в транспортном процессе, оценки их значимости. Из анализа научной литературы прослеживается ряд тенденций, подтверждающих целесообразность использования предлагаемого подхода к нормированию ресурсопотребления, которых придерживаются современные исследователи.

Во-первых, любые процедуры нормирования в настоящее время основаны на современных технологиях сбора данных с использованием бортового оборудования, систем спутникового мониторинга, технических средств автоматической фиксации данных о расходе ресурсов, а также возможностью хранения и накопления данных ERP-систем. Примерами работ, подтверждающих данный тезис, являются статьи китайских учёных [12], а также исследователей из Сингапурского университета технологии и дизайна [17]. Авторы настоящего исследования раскрыли преимущества использования ERP-систем для нормирования расхода топлива на автотранспорте, как одного из эффективных средств получения и обработки исходной информации [1, 2, 11].

Во-вторых, расчет норм базируется на анализе эффективности потребления ресурсов в транспортном процессе. За норму принимается потребление, обеспечивающее эффективность выше среднего значения. По такому принципу несложно организовать нормирование запасных частей и автомобильных шин, учет которых возможен поштучно, а место погашения затрат конкретизировано конкретным автомобилем или его узлом. В подтверждение этому следует привести работы иностранных учёных [4, 8, 9].

В-третьих, постоянно расширяется перечень факторов, определяющих расход ресурсов в транспортном процессе. Обозначенные ранее факторы конкретизируются в части значимости, вновь вводимые – дополняют комплекс известных факторов. Например, в совместной работе американских и индийских специалистов [15] доказано, что одним из ключевых факторов, определяющим расход топлива автотранспортным средством, является число остановок в пути следования, что подтверждает необходимость нормирования скорости сообщения. Еще одним подтверждением необходимости нормирования скорости сообщения является работа сотрудников Йылдызского технического университе-

Таблица 1. Отраслевые (базовые) модели нормирования потребления материальных ресурсов при эксплуатации автобусов

Единица расчёта	Расчётная формула	Учитываемые факторы
Рублей на километр пробега ¹	$P_m = \frac{P_{расст.м}}{100} \cdot \left(\frac{H_f \cdot (1 + 0,01 \cdot D)}{12 \cdot V_s} + \frac{H_{ом.} \cdot N_s}{12 \cdot V_s} \right) \cdot I_m,$	(1)
	<p>где $P_{расст.м}$ – цена топлива, опубликованная Росстатом в предшествующем расчёту периоде, руб./л (м³);</p> <p>H_f – транспортная норма расхода топлива, л (м³)/100 км;</p> <p>D – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, учитывающий особенности эксплуатации, %</p> <p>$H_{ом.}$ – норма расхода топлива на работу отопителя салона, л (м³)/ч;</p> <p>N_s – количество месяцев работы отопителя салона;</p> <p>V_s – планируемая эксплуатационная скорость, км/ч.</p> <p>I_m – индекс цен производителей нефтепродуктов, публикуемым Минэкономразвития России.</p>	Класс и вместимость автобуса. Класс автобуса (для автобусов особо малого класса не установлена).
Литров (кубометров) за расчётный период ²	$Q = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D) + H_{ом.} \cdot T,$	(2)
Литров (кубометров) за расчётный период ²	<p>где H_s – транспортная норма расхода топлива, л (м³)/100 км;</p> <p>S – пробег автобуса за расчётный период, км;</p> <p>$H_{ом.}$ – норма расхода топлива на работу отопителя салона, л (м³)/ч;</p> <p>T – время работы автобуса со включенным отопителем, ч.</p>	Марка и модель автобуса, вместимость автобуса, тип двигателя. Марка и модель автобуса, марка отопителя (установлена для автобусов большого и особо большого классов).
	Смазки	
Рублей на километр пробега ¹	$P_{см.} = 0,075 \cdot P_{м.}$	(3)
	<p>где 0,075 – отношение расходов на смазочные и прочие эксплуатационные материалы к расходам на топливо для транспортных средств.</p>	
Литров (килограмм) за расчётный период ²	$Q_{см.к} = H_{см.к} \cdot Q_{м.}$	(4)
	<p>где $H_{см.к}$ – норма расхода смазки к-го типа, л (кг)/100 л.</p>	Марка и модель автобуса.

¹ Приказ Министерства транспорта РФ от 30 мая 2019 г. № 158 «Об утверждении Порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».

² Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 г. № АМ-23-р (ред. от 20.09.2018 г.) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».

Продолжение таблицы 1.

Единица расчёта	Расчётная формула	Учитываемые факторы
Запасные части		
Рублей на километр пробега ¹	$P_{\text{з/ч}} = V_{\text{з/ч}} \cdot K_{\text{з/ч}} \cdot I_{\text{м}}$	(5)
	<p>$V_{\text{з/ч}}$ – базовые удельные расходы на запасные части и материалы для транспортных средств, включая НДС, руб./км;</p> <p>где $K_{\text{з/ч}}$ – коэффициент корректировки базовых удельных расходов на запасные части и материалы в зависимости от природно-климатических условий;</p> <p>$I_{\text{м}}$ – индекс цен на машины и оборудование, определяемый Росстатом.</p>	
Автомобильные шины		
Рублей на километр пробега ¹	$P_{\text{али}} = V_{\text{али}} \cdot I_{\text{м}}$	(6)
	<p>где $V_{\text{али}}$ – базовые удельные расходы на автомобильные шины, включая НДС, руб./км.</p>	

Источник: разработано авторами

та (г. Стамбул, Турция) [14], в которой число оставшихся автомобилей в пути следования, определяющее расход топлива, связано со стилем вождения.

Установлению влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на ресурс автомобильных шин на основе анализа типов поврежденных посвящена работа учёных из Словакии [6]. В статьях индийских исследователей [13], а также их итальянских коллег [7] приведены результаты анализа влияния различных условий эксплуатации шины на её ресурс. Факторы, определяющие объём потребления запасных частей систематизированы в докладе сотрудников Оренбургского государственного университета [3]. Обозначенный комплекс конструктивных, эксплуатационных, технологических и организационных факторов рекомендуется брать за основу при нормировании запасных частей для автобусов.

Следует также отметить, что для расчёта норм потребления ресурсов в транспортном процессе все больше используются методики прогнозирования случайного спроса, основанные на алгоритмах нейронных сетей и нечетких множеств. В работе английского исследователя [10] предложено прогнозировать потребность в запасных частях на основе искусственных нейронных сетей, анализируя закономерности спроса. В исследовании Университета логистики Кюне (Германия) [16] предложена методика прогноза прерывистого спроса на запасные части, основанная на использовании распределения Пуассона.

Коллективом учёных Тайваньского национального океанского университета [5] планирование объёма потребления запасных частей предлагается основывать на нечеткой их классификации, основанной на признаках с номинальными или ненормальными атрибутами, включая опыт и суждения менеджера по классификации запасов, что существенно упрощает планирование в условиях дефицита статистической информации.

По итогам проведенного обзора установлено наличие интереса в научной среде к вопросу нормирования и повышения эффективности потребления материальных ресурсов на автомобильном транспорте, а также большая проработанность методической базы его решения. Вместе с тем для расчёта норм ресурсопотребления при эксплуатации автобусного парка необходимо обосновать комплекс измерителей факторов, определяющих объём потребления материальных ресурсов, установить зависимости между ними и разработать соответствующий математический аппарат. Это позволит рассчитать достоверные нормы потребления материальных ресурсов, использование которых обеспечивает обоснованное снижение ресурсоёмкости пассажирских перевозок.

Поэтому целью настоящего исследования яв-

ляется повышение эффективности перевозок пассажиров автобусами на основе обеспечения достоверности норм расхода материальных ресурсов с учётом индивидуальных условий эксплуатации. Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- обосновать комплекс измерителей факторов, определяющих расход материальных ресурсов при эксплуатации автобусного парка;
- разработать математические модели по расчёту норм расхода топлив и смазок, запасных частей и автомобильных шин, учитывающих индивидуальные условия эксплуатации автобусов;
- исследовать для автобусов отечественного производства различной вместимости зависимости показателей интенсивности эксплуатации, эксплуатационного расхода дизельного топлива, ресурсного пробега автомобильных шин от величины значимых факторов;
- дать технико-экономическую оценку реализации предложений по совершенствованию перевозок пассажиров в соответствии с проведёнными исследованиями.

Объектом исследования является система нормирования производственных ресурсов в транспортном процессе. Предмет исследования состоит в закономерностях влияния технологических факторов эксплуатации автобусного парка на расход материальных ресурсов автобусами при выполнении транспортной работы, в методах нормирования ресурсопотребления на автотранспорте.

Теоретические исследования выполнены на основе анализа научной и нормативно-технической литературы, правовой базы, системного, статистического, факторного и технико-экономического анализа, экономико-математического моделирования транспортного процесса, экспертной оценки. Экспериментальные исследования выполнялись в условиях действующих пассажирских автотранспортных предприятий с использованием методов математической статистики, компьютерного моделирования, натурных наблюдений.

Измерители факторов, определяющих объём потребления материальных ресурсов при эксплуатации автобусного парка

Анализ научной литературы и практического опыта позволил установить комплекс факторов, влияющих на расход материальных ресурсов при эксплуатации автобусов. Значимость факторов устанавливалась экспертами, в роли которых выступали специалисты, имеющие практический опыт технической эксплуатации автобусным парком. Данные были собраны по 20 автотранспортным фирмам. К числу значимых факторов экспертами были отнесены факторы, обозначенные на рисунке 1.

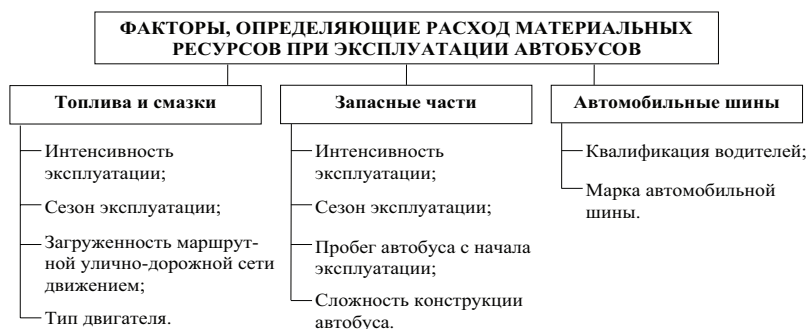


Рисунок 1. Факторы, определяющие расход материальных ресурсов при эксплуатации автобусов
 Источник: разработано авторами

Интенсивность эксплуатации автобуса предложено измерять величиной его пробега за отчетный период. Загруженность маршрутной улично-дорожной сети количественно характеризуется таким показателем, как скорость сообщения. Пробег автобуса с начала эксплуатации для удобства расчетов был распределён по пяти группам: до 50 тыс. км, 50–100 тыс. км, 100–150 тыс. км, 150–200 тыс. км, более 200 тыс. км. Измерителем квалификации водителей был принят средний по экипажам автобусов стаж работы водителя. Такие факторы, как тип двигателя, сложность конструкции автобуса, марка автомобильной шины определяются качественной характеристикой – маркой и моделью автобуса.

Нормирование производилось для четырех календарных сезонов.

Математические модели по расчёту предлагаемых норм потребления материальных ресурсов

Нормирование потребления топлива и смазок предлагается основывать на определении потребности в топливе автобуса рассматриваемой марки и модели за расчётный период с учётом зависимости эксплуатационного расхода топлива по временам года от скорости сообщения по регулярной маршрутной сети и интенсивности эксплуатации автобуса в течение расчётного периода:

$$Q_m^u = \frac{Q_{\omega}^{хол.} \cdot \sum_{i=1}^5 S_i^{хол.} + Q_{\omega}^{тёпл.} \cdot \sum_{i=1}^5 S_i^{тёпл.}}{100}, \tag{7}$$

где

$S_i^{хол.}$, $S_i^{тёпл.}$ – пробег автобуса соответственно в течение холодного и тёплого времени года, с учётом изменения категорий его пробега с начала эксплуатации за расчётный период, км;
 $Q_{\omega}^{хол.}$, $Q_{\omega}^{тёпл.}$ – эксплуатационный расход топлива автобусом при заданной скорости сообщения на регулярной маршрутной сети соответственно для холодного и тёплого времени года, л/100 км;
 5 – число групп пробега с начала эксплуатации.

Величина эксплуатационного расхода топлива при различных скоростях сообщения на регулярной маршрутной сети рассчитывается на основе данных автоматического контроля расхода топлива бортовыми средствами контроля, передаваемых пользователю системой спутникового мониторинга. Достоверность данных подтверждалась выборочным инструментальным контролем. Расчёт производится по формуле:

$$Q_{\omega} = \bar{Q}_{факт.} = 100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_{факт.j}}{L_{участка} \cdot n}, \tag{8}$$

где

$\bar{Q}_{факт.}$ – математическое ожидание фактической потребности в топливе на участке автобусного маршрута, л/100 км;
 $\gamma_{факт.j}$ – результат j -го единичного замера расхода топлива автобусом при движении по участку маршрута, л;
 n – общее число замеров расхода топлива по рассматриваемому участку регулярной

маршрутной сети.

Нормативные эксплуатационные затраты на топливо определяются произведением нормативной потребности в данном виде ресурса за расчётный период (Q_m^u) и актуальной на дату расчёта цену топлива. Нормативные эксплуатационные затраты на смазки для автобуса за расчётный период определяются по формуле

$$Z_{см.}^n = Q_m^n \cdot \sum_{k=1}^4 H_{см.к} \cdot C_{см.к}, \quad (9)$$

где $H_{см.к}$ – нормативная потребность в смазке k -го типа в соответствии с рекомендациями Минтранса РФ, л (кг)/100 л (м³) топлива;
 $C_{см.к}$ – актуальная на дату расчёта цена смазки

k -го типа, руб./л (кг); 4 – число видов смазки, расходуемых при эксплуатации автобуса (моторные, трансмиссионные, специальные масла и пластичные смазки).

$$Q_{з/ч\ i\ f}^n = 1000 \cdot \frac{\overline{E_{if}}}{\overline{S_{if}}}, \quad (10)$$

где $\overline{E_{if}}$ – средние затраты на запасные части по автобусам рассматриваемой марки и модели i -ой категории пробега в f -ом сезоне эксплуатации, тыс. руб.;
 $\overline{S_{if}}$ – средний пробег автобуса рассматриваемой марки и модели i -ой категории пробега за f -ый сезон эксплуатации, км.
 Нормирование потребления запасных частей

предлагается основывать на средних удельных затратах на данный ресурс для автобуса рассматриваемой марки и модели:

Нормативные эксплуатационные затраты на запасные части определяются суммированием нормы их потребления с учётом пробега автобуса и изменения категорий его пробега с начала эксплуатации и сезонов эксплуатации за расчётный период:

$$Z_{з/ч}^n = \frac{\sum_{f=1}^4 \sum_{i=1}^5 \overline{E_{if}} \cdot \overline{S_{if}}}{1000}, \quad (11)$$

где 4 – число сезонов эксплуатации автобуса.
 За норму потребления автомобильных шин рас-

сматриваемой марки предлагается принимать отношение:

$$Q_{a/ш}^n = \frac{n_k}{R}, \quad (12)$$

где n_k – число комплектов автомобильных шин на автобусе, шт.;
 R – ресурсный пробег автомобильной шины, тыс. км.
 Ресурсный пробег автомобильной шины определённой марки определяется на основе анализа

данных журналов учета списания автомобильных шин и справочников водителей. Сопоставляя содержание этих электронных отчётов ERP-систем для каждой из пяти групп среднего по экипажам автобусов стажа работы водителей производится расчёт по формуле

$$R = \frac{\sum_{t=1}^N R_t}{N}, \quad (13)$$

где R_t – фактический пробег автомобильной шины рассматриваемой марки до списания, тыс. км;
 N – объём выборки (количество рассмотренных записей в журнале учета списания автомобильных шин по группе водителей).

Нормативные эксплуатационные затраты на автомобильные шины определяются суммированием нормы их потребления с учётом пробега автобуса, изменения категорий его пробега с начала эксплуатации, а также стажевых групп водителей за расчётный период:

$$Z_{a/ш}^n = C_k \cdot n_k \cdot \sum_{l=1}^5 \frac{\overline{S}_l}{R_l}, \quad (14)$$

где

C_k – актуальная на дату расчёта цена комплекта автомобильных шин рассматриваемой марки, тыс. руб.;

\overline{S}_l – средний пробег автобуса с учётом изменения стажевых групп водителей за расчётный период, км; 5 – число стажевых групп водителей: до 5 лет; 5–10 лет; 10–15 лет; 15–20 лет; более 20 лет.

Для реализации предложенных математических моделей требуется исследовать зависимости пока-

зателей интенсивности эксплуатации автобусного парка, эксплуатационного расхода дизельного топлива, ресурсного пробега автомобильных шин от величины значимых факторов.

Установление искомых зависимостей и расчёт предлагаемых норм

Пробег автобуса за расчётный период устанавливается из эмпирической зависимости (рисунок 2).

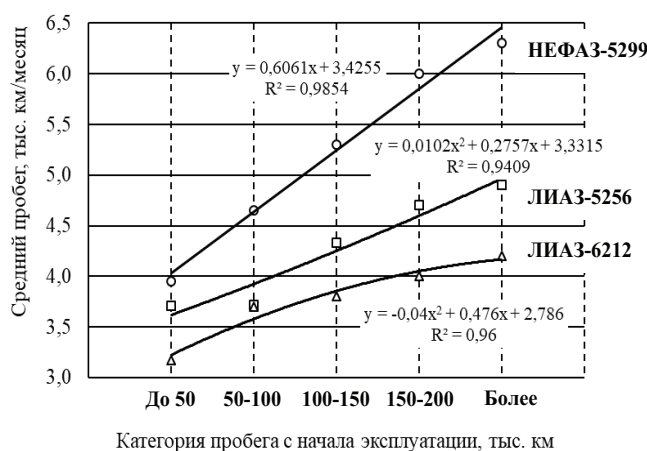


Рисунок 2. Зависимость среднего пробега автобусов большой и особо большой вместимости за месяц от их пробега с начала эксплуатации

Источник: разработано А. А. Адувалиным

Причина увеличения среднего пробега автобусов за месяц в 1,2–1,6 раз по мере возрастания их наработки объясняется большими их простоями в ремонте на начальных этапах эксплуатации по причине отсутствия надёжных каналов поставки запасных частей, а также обеспечением возможности выработки большей части ресурса автобусов к моменту списания. Ситуация с простоями импортных автобусов в ремонте на начальном этапе эксплуатации усугубляется.

Зависимость эксплуатационного расхода дизельного топлива от скорости сообщения устанавливалась на основе эмпирических данных о работе автобусов на регулярной маршрутной сети г. Магнитогорска. Расчет эксплуатационного расхода дизельного топлива при следовании автобусами по участкам маршрутной сети с различной скоростью позволили установить искомую зависимость (рисунок 3).

Зависимость ресурсного пробега автомобильных шин от среднего по экипажу автобуса стажа работы водителей устанавливалась на основе массива статистических данных журналов учета списания автомобильных шин и справочников водителей (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что максимальный ресурсный пробег автомобильных шин имеет место, когда автобусами управляют опытные водители со стажем работы не менее 10 лет. Результаты моделирования также показывают, что наращивание водительского стажа не приводит к увеличению ресурса автомобильных шин, что, скорее всего, объясняется закономерностями психологии водителя, изучение которых не входило в задачи данного исследования.

Установленные эмпирические зависимости, адекватность которых подтверждена проверкой по критерию Фишера, позволили рассчитать нормы потребления материальных ресурсов для автобусов. Эти нормы могут быть использованы как локальные нормы ресурсопотребления автомобильными перевозчиками, эксплуатирующими средний по численности (до 100 единиц) автобусный парк в Уральском регионе. Нормы эксплуатационного расхода дизельного топлива принимаются по маркам и моделям автобусов из рисунка 3. Результаты нормирования расхода запасных частей для автобусов приведены в таблице 2, расхода автомобильных шин – в таблице 3.

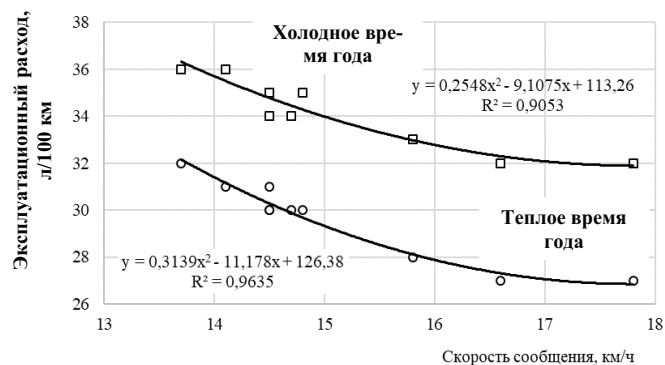


Рисунок 3. Зависимость эксплуатационного расхода дизельного топлива автобуса ЛИАЗ-5256 от скорости сообщения на регулярной маршрутной сети

Источник: разработано А. А. Адувалиным

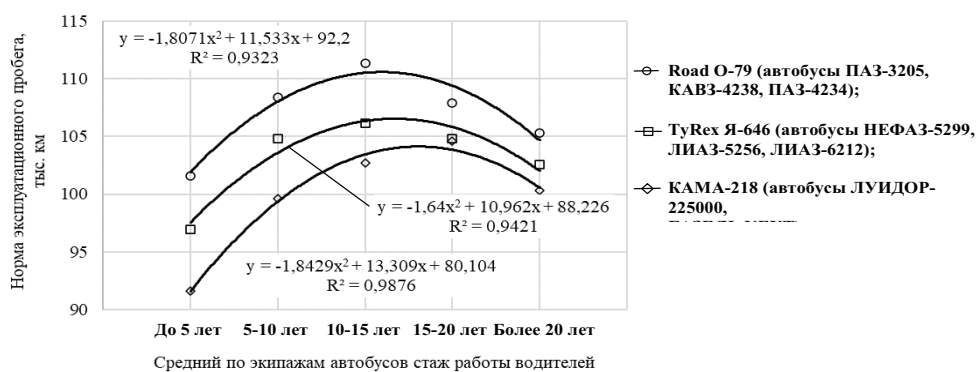


Рисунок 4. Зависимость ресурсного пробега автомобильных шин от среднего по экипажу автобуса стажа работы водителей

Источник: разработано А. А. Адувалиным

Таблица 2. Предлагаемые нормы расхода запасных частей для автобусов ЛИАЗ-5256 в текущих ценах, тыс. руб./1000 км

Сезон эксплуатации	Категория пробега с начала эксплуатации, тыс. км				
	до 50	50–100	100–150	150–200	более 200
ЛИАЗ-5256					
Весна	5,02	3,70	4,04	3,08	3,54
Лето	3,08	3,92	2,45	2,70	3,79
Осень	3,11	4,26	3,76	2,94	3,85
Зима	3,20	3,71	3,39	3,34	3,17
Среднее:	3,60	3,90	3,41	3,01	3,59

Источник: разработано А. А. Адувалиным

Таблица 3. Предлагаемые нормы расхода автомобильных шин рассматриваемых марок, шт./1000 км

Марка и модель-представитель	Марка автошины	Средний по экипажу автобуса стаж работы водителей, лет				
		до 5 лет	5–10 лет	10–15 лет	15–20 лет	более 20 лет
ЛУИДОР-225000, ГАЗЕЛЬ NEXT	КАМА-218	0,066	0,060	0,058	0,057	0,060
ПАЗ-3205, КАВЗ-4238, ПАЗ-4234	Road O-79	0,059	0,055	0,054	0,056	0,057
НЕФАЗ-5299, ЛИАЗ-5256	TyRex Я-646	0,062	0,057	0,057	0,057	0,059
ЛИАЗ-6212		0,082	0,076	0,075	0,076	0,078

Источник: разработано А. А. Адувалиным

Технико-экономическая оценка реализации результатов исследований

Технико-экономическая оценка реализации результатов проведённых исследований проведена на примере регулярного автобусного маршрута № 59 г. Магнитогорска. Маршрут № 59 является маятниковым и связывает южные районы г. Магнитогорска с его северной окраиной в правобережной части. На маршруте работают 3 автобуса ЛИАЗ-5256, которые выполняют по 6 оборотных рейсов за рабочий день. Автобусы эксплуатируются в будни, выходные и праздничные дни. Пробег с начала эксплуатации в среднем по автобусам равен 52 тыс. км. Автобусами управляют водители, средний стаж работы по специальности которых составляет 7 лет.

С использованием установленной зависимости среднемесячного пробега планируется пробег автобуса на предстоящий год – 44,4 тыс. км. Скорость сообщения на рассматриваемом маршруте равна 15,8 км/ч. Продолжительность холодного периода на Южном Урале составляет 5,5 месяцев, пробег автобуса за это время будет равен 20,35 тыс. км. Зная скорость сообщения, определяются нормы

потребления дизельного топлива, а также, с учётом рекомендаций Минтранса РФ, смазок. Исходя из актуальных на дату расчёта цен дизельного топлива и смазок, производится нормирование соответствующих годовых переменных затрат (таблица 4).

Норма потребления запасных частей в среднем по сезонам эксплуатации для автобуса рассматриваемой марки и модели равна 3,9 тыс. руб./1000 км. С учётом планового пробега автобуса за год определяется норма годовых затрат на запасные части. Норма потребления автомобильных шин марки TyRex Я-646 для автобуса ЛИАЗ-5256 равна 0,057 шт./1000 км. При плановом годовом пробеге автобуса потребность в автомобильных шинах составит 2,53 комплекта. Зная стоимость одного комплекта, производится нормирование соответствующих годовых эксплуатационных затрат (таблица 4). Экономический эффект от реализации результатов проведённых исследований определяется разностью нормативных затрат на материальные ресурсы, рассчитанные с использованием отраслевых и предлагаемых норм.

Таблица 4. Результаты нормирования затрат на материальные ресурсы при эксплуатации автобуса ЛИАЗ-5256 на маршруте № 59

Показатель, ед. изм.	Отраслевые нормы Минтранса РФ	Предлагаемые нормы
1. Нормы расхода:	–	–
– дизельного топлива, л/100 км	–	–
в том числе в теплое время года	33,60 ²	28,13
– в холодное время года	36,96 ²	32,97
– запасных частей, тыс. руб./1000 км	5,76 ¹	3,9
– автомобильных шин, тыс. руб./1000 км	0,84 ¹	Другие единицы
2. Нормы затрат, тыс. руб./год	1059,03	921,98
в том числе на дизельное топливо и смазки	765,99	722,80
– на запасные части	255,74	172,99
– на автомобильные шины	37,3	26,19
3. Плановая себестоимость перевозок, руб./пасс.	25,3	22,01
4. Тариф за проезд и провоз багажа, руб.	20	20
5. Дотационная составляющая в тарифе, %	26,5	10,05

Источник: разработано авторами

Наличие экономического эффекта по одному автобусу ЛИАЗ-5256 в размере 137,05 тыс. руб./год свидетельствует о том, что использование предлагаемых норм обеспечивает снижение ресурсоёмкости транспортного процесса на 12,9%, плановой себестоимости поездки одного пассажира на 3,3 руб., дотационной составляющей в тарифе в 2,6 раз.

Заключение

На основе проведённых исследований получены следующие результаты:

1. Разработана методика нормирования материальных ресурсов для автобусов, позволяющая повысить эффективность работы пассажирских автотранспортных предприятий за счёт учёта индивидуальных условий эксплуатации и материально-технического снабжения автобусного парка, а также практического применения статистической информации о расходе материальных ресурсов, получаемых с помощью средств объективного контроля и хранения данных ERP-систем

2. Обоснован комплекс качественных харак-

теристик и количественных измерителей, определяющих расход материальных ресурсов при эксплуатации автобусного парка. Интенсивность эксплуатации автобуса предложено измерять величиной его пробега за отчетный период, загруженность маршрутной улично-дорожной сети движением – скоростью сообщения. Пробег автобуса с начала эксплуатации был распределён по пяти группам. Измерителем квалификации водителей принят средний по экипажам автобусов стаж работы водителя. Такие факторы, как тип двигателя, сложность конструкции автобуса, марка автомобильной шины определяются качественной характеристикой – маркой и моделью автобуса.

3. Разработаны математические модели по расчёту норм потребления материальных ресурсов. Расчёт норм потребления ресурсов основан: топлива и смазки – на эксплуатационном расходе топлива при различных скоростях сообщения на регулярной маршрутной сети; запасных частей – на средних удельных затратах на данный ресурс с учётом изменения его пробега с начала эксплуатации за расчётный период; автомобильные шины – на величине их ресурсного пробега для различных стажевых групп водителей.

4. Установлены частные зависимости, отражающие особенности рассматриваемой выборки по автобусам отечественного производства различной вместимости: пробега за плановый период от

пробега с начала эксплуатации, эксплуатационного расхода дизельного топлива от скорости сообщения на регулярной маршрутной сети, ресурсного пробега автомобильных шин от среднего по экипажу автобуса стажа работы водителей. С использованием данных зависимостей были рассчитаны локальные нормы расхода дизельного топлива, запасных частей и автомобильных шин.

5. На примере регулярного автобусного маршрута № 59 г. Магнитогорска обоснована целесообразность практической реализации результатов проведённых исследований. Расчётами доказано, что использование предлагаемых норм расхода ресурсов при эксплуатации автобусного парка обеспечивает снижение ресурсоёмкости транспортного процесса на 12,9%, плановой себестоимости поездки одного пассажира на 3,3 руб., дотационной составляющей в тарифе в 2,6 раз.

6. Научная ценность полученных результатов состоит в развитии методической базы нормирования ресурсопотребления на автомобильном транспорте. Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке локальных норм расхода дизельного топлива, запасных частей и автомобильных шин для автобусов различной вместимости отечественных марок. Дальнейшие исследования предполагается вести в направлении развития методов ресурсосбережения в автотранспортном комплексе.

Литература

1. Дорофеев А. Н., Курганов В. М., Грязнов М. В. Автоматизация планирования потребности в топливе для автомобильных перевозок // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2018. – № 2. – С. 187–195.
2. Курганов В. М., Дорофеев А. Н., Грязнов В. М. Нормирование расхода топлива с использованием информационных технологий // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15 – № 2(60). – С. 237–248. – DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-2-237-248>.
3. Факторы, влияющие на потребность предприятий автомобильного транспорта в запасных частях / И. Хасанов [и др.] // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: сборник материалов XV международной научно-практической конференции: Оренбургский государственный университет (Россия): 9–11 декабря 2020 г. – С. 627–633.
4. Achetoui Z., Mabrouki C., Mousrij A. A review of spare parts supply chain management // Jurnal sistem dan manajemen industri. – 2019. November 2019, Vol. 3(2). – DOI: <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i2.1524>.
5. Chu C, Liang G., Liao C. Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification // Computers & Industrial Engineering. – 2008. Vol. 55, Issue 4, pp. 841–851. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.03.006>.
6. Fedorko G. et al Failure analysis of irreversible changes in the construction of car tyres // Engineering failure analysis. – 2019. Vol. 104, pp. 399–408. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.035>.
7. Garatti S., Bittanti S. Parameter estimation in the Pacejka's tyre model through the TS method // IFAC Proceedings Volumes. – 2009. Vol. 42, Issue 10, pp. 1304–1309. – DOI: <https://doi.org/10.3182/20090706-3-FR-2004.00217>.
8. Hu H., Liu J., Chen Q. An integrated supply chain management system for end-of-life tires in China and its promotion barriers a stakeholder perspective // Resources, conservation and recycling. – 2021. Vol. 164, January 2021, 105214. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105214>.
9. Huiskonen J. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices // International journal of production economics. – 2001. Vol. 71, Issues 1–3, pp. 125–133. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00112-2).

10. Kourentzes N. Intermittent demand forecasts with neural networks // *International journal of production economics*. – 2013. Vol. 143, Issue 1, pp. 198–206. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.01.009>.
11. Kurganov V., Gryaznov M., Dorofeev A. An ontology-driven approach for modelling TMS fuel consumption information subsystem // *IOP conference Series: Materials science and engineering*. – 2019. Vol. 630 (012025). – DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/630/1/012025>.
12. Mar J., He G. Sustainable manufacture resources management MRP-II // *IFAC Proceedings Volumes*. – 1999. Vol. 32, Issue 2, pp. 6169–6171. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)57053-6](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)57053-6).
13. Mohanta B., Kumar A. A parametric analysis on the performance of vehicle tires // *Materials today: proceeding*: available online 22 May 2021. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.167>.
14. Özener O., Özkan M. Fuel consumption and emission evaluation of a rapid bus transport system at different operating conditions // *Fuel*. – 2020. Vol. 265 (117016). – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117016>.
15. Stevanovic A., Al Shayeb S., Patra S. Fuel consumption intersection control performance index // *Transportation research record: Journal of the transportation research board*. – 2021. First published April 26 2021 research article. – DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981211004181>.
16. Turrinia L., Meissner J. Spare parts inventory management: New evidence from distribution fitting // *European journal of operational research*. – 2019. Vol. 273, Issue 1, pp. 118–130. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.039>.
17. Yeow L., Cheah L. Comparing commercial vehicle fuel consumption models using real-world data under calibration constraints // *Transportation research record: Journal of the transportation research board*. – 2021. First published April 26, 2021 research article. – DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981211007478>.

References

1. Dorofeev, A. N., Kurganov, V. M., Gryaznov, M. V. (2018) [Automation of planning the fuel demand for road transport]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye* [Bulletin of Tver State University. Series: Economics and Management]. Vol. 104, pp. 187–195. (In Russ.).
2. Kurganov, V. M., Dorofeev, A. N., Gryaznov, V. M. (2018) [Fuel consumption rationing using information technology]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University]. Vol. 104, Issues. 2(60), pp. 237–248. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-2-237-248>. (In Russ.).
3. Khasanov, I. et al (2020) [Factors affecting the need for automotive transport enterprises in spare parts]. *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Yevraziyskoye sotrudnichestvo: sbornik materialov XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Progressive technologies in transport systems: Eurasian cooperation: collection of materials of the XV international scientific and practical conference]: Orenburg State University (Russia): December 9–11, pp. 627–633. (In Russ.).
4. Achetoui, Z., Mabrouki, C., Mousrij, A. (2019) A review of spare parts supply chain management. *Jurnal sistem dan manajemen industri*. Vol. 3(2). DOI: <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i2.1524>. (In Engl.).
5. Chu, C, Liang, G., Liao, C. (2008) Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, Issue 4, pp. 841–851. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.03.006>. (In Engl.).
6. Fedorko, G. et al (2019) Failure analysis of irreversible changes in the construction of car tyres. *Engineering failure analysis*, Vol. 104, pp. 399–408. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.035>. (In Engl.).
7. Garatti, S., Bittanti, S. (2009) Parameter estimation in the Pacejka's tyre model through the TS method. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 42, Issue 10, pp. 1304–1309. DOI: <https://doi.org/10.3182/20090706-3-FR-2004.00217>. (In Engl.).
8. Hu, H., Liu, J., Chen, Q. (2021) An integrated supply chain management system for end-of-life tires in China and its promotion barriers a stakeholder perspective. *Resources, conservation and recycling*, Vol. 164, 105214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105214>. (In Engl.).
9. Huiskonen, J. (2001) Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International journal of production economics*, Vol. 71, Issues 1–3, pp. 125–133. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00112-2). (In Engl.).
10. Kourentzes, N. (2013) Intermittent demand forecasts with neural networks. *International journal of production economics*, Vol. 143, Issue 1, pp. 198–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.01.009>. (In Engl.).
11. Kurganov, V., Gryaznov, M., Dorofeev, A. (2019) An ontology-driven approach for modelling TMS fuel consumption information subsystem. *IOP conference Series: Materials science and engineering*, Vol. 630 (012025). DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/630/1/012025>. (In Engl.).
12. Mar, J., He, G. (1999) Sustainable manufacture resources management MRP-II. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 32, Issue 2, pp. 6169–6171. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)57053-6](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)57053-6). (In Engl.).

13. Mohanta, B., Kumar, A. (2021) A parametric analysis on the performance of vehicle tires. *Materials today: proceeding: available online 22 May 2021*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.167>. (In Engl.).
14. Özener, O., Özkan, M. (2020) Fuel consumption and emission evaluation of a rapid bus transport system at different operating conditions. *Fuel*, Vol. 265 (117016). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117016>. (In Engl.).
15. Stevanovic, A., Al Shayeb, S., Patra, S. (2021) Fuel consumption intersection control performance index. Transportation research record: Journal of the transportation research board. DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981211004181>. (In Engl.).
16. Turrinia, L., Meissner, J. (2019) Spare parts inventory management: New evidence from distribution fitting. *European journal of operational research*, Vol. 273, Issue 1, pp. 118–130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.039>. (In Engl.).
17. Yeow, L., Cheah, L. (2021) Comparing commercial vehicle fuel consumption models using real-world data under calibration constraints. *Transportation research record: Journal of the transportation research board*. DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981211007478>. (In Engl.).

Информация об авторах:

Валерий Максимович Курганов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры экономической теории, Тверской государственный университет, Тверь, Россия

ORCID ID: 0000-0001-8494-2852

e-mail: glavreds@gmail.com

Михаил Владимирович Грязнов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

ORCID ID: 0000-0003-3142-1089

e-mail: gm-autolab@mail.ru

Алексей Николаевич Дорофеев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

ORCID ID: 0000-0002-0689-8881

e-mail: andorofeev@fa.ru

Андрей Александрович Адувалин, начальник службы движения, МП «Маггортранс», Магнитогорск, Россия

ORCID ID: 0000-0002-2909-0332

e-mail: aduvalin@mail.ru

Вклад соавторов:

Курганов В. М. – научное консультирование по методологии проведения исследований процесса перевозок пассажиров автомобильным транспортом, системы нормирования технической эксплуатации автомобильного транспорта. Формирование общей схемы проведения исследования, методическая поддержка в проведении экспертной оценки, контроль корректности используемой терминологии и полученных результатов, научная редакция статьи и отчетных материалов.

Грязнов М. В. – научное руководство исследованием, включая формулировку актуальности изучаемого вопроса, цели, объекта и предмета исследования, постановку решаемых задач, анализ недостатков базовой модели нормирования ресурсопотребления при эксплуатации автобусов, методическая поддержка в организации и проведении натурных замеров, в разработке математических моделей по расчёту предлагаемых норм потребления материальных ресурсов, корректировка стиля изложения статьи.

Дорофеев А. Н. – обоснование необходимости использования функциональных возможностей накопления и хранения данных ERP-систем для нормирования потребления материальных ресурсов в транспортном процессе, методическая поддержка в конвертации данных бортового оборудования автотранспортных средств, систем спутникового мониторинга, технических средств автоматической фиксации данных о расходе ресурсов, автоматизация обработки статистической информации и расчётов.

Адувалин А. А. – анализ научной и нормативно-правовой литературы по изучаемому вопросу, организация и проведение экспертной оценки значимости факторов, обоснование их измерителей, проведение натурных замеров, формирование массива исходной информации, установление искомым эмпирических и расчётных зависимостей, разработка математических моделей по расчёту предлагаемых норм, технико-экономическая оценка реализации предлагаемых рекомендаций, написание статьи.

Статья поступила в редакцию: 11.12.2021; принята в печать: 09.02.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Valery Maksimovich Kurganov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Economic Theory, Tver State University, Tver, Russia

ORCID ID: 0000-0001-8494-2852

e-mail: glavreds@gmail.com

Mikhail Vladimirovich Gryaznov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Transport Systems Management, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

ORCID ID: 0000-0003-3142-1089

e-mail: gm-autolab@mail.ru

Aleksey Nikolaevich Dorofeev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Business Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

ORCID ID: 0000-0002-0689-8881

e-mail: andorofeev@fa.ru

Andrey Alexandrovich Aduvalin, Head of the traffic service, Maggortrans MP, Magnitogorsk, Russia

ORCID ID: 0000-0002-2909-0332

e-mail: aduvalin@mail.ru

Contribution of the authors:

Kurganov V. M. – scientific consulting on the methodology for conducting research on the process of passenger transportation by road, the system for standardizing the technical operation of road transport. Formation of the general scheme of the study, methodological support in the conduct of peer review, control of the correctness of the terminology used and the results obtained, the scientific version of the article and reporting materials.

Gryaznov M. V. – scientific management of the research, including the formulation of the relevance of the issue under study, the purpose, object and subject of the study, the formulation of the tasks to be solved, the analysis of the shortcomings of the basic model of resource consumption rationing in the operation of buses, methodological support in the organization and conduct of field measurements, in the development of mathematical models for the calculation proposed norms of consumption of material resources, correction of the style of presentation of the article.

Dorofeev A. N. – substantiation of the need to use the functionality of accumulating and storing data from ERP systems to normalize the consumption of material resources in the transport process, methodological support in converting data from on-board equipment of vehicles, satellite monitoring systems, technical means for automatically recording data on resource consumption, automation of processing statistical information and calculations.

Aduvalin A. A. – analysis of scientific and legal literature on the issue under study, organization and conduct of an expert assessment of the significance of factors, justification of their meters, carrying out full-scale measurements, formation of an array of initial information, establishment of the desired empirical and calculated dependencies, development of mathematical models for calculating the proposed norms, technical and economic assessment of the implementation of the proposed recommendations, writing an article.

The paper was submitted: 11.12.2021.

Accepted for publication: 09.02.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.