

Научная статья
УДК 656.13
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-76-91>
EDN: GLTLCK



РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ЗАТРАТ НА ЗАПРАВКУ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ КАТЕГОРИИ N1

М. В. Банкет, Д. В. Шаповал, И. А. Эйхлер, Д. С. Алешков, И. В. Погуляева*
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия

mikhail_banket@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1901-8150>

dsh.omsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3286-6795>

vaniaeichler@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4681-8468>

denisaleshkov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4204-7221>

pogulyaeva_iv@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1109-5327>

**ответственный автор*

АННОТАЦИЯ

Введение. Снижение эксплуатационных затрат на моторное топливо для автомобилей возможно путём применения более дешёвых и в то же время менее вредных для экологии альтернативных источников энергии. Основной проблемой использования данных источников энергии, особенно для автомобилей категории N1, является недостаточно развитая инфраструктура сети заправочных станций для альтернативного топлива. Основным альтернативным видом моторного топлива в Российской Федерации является природный газ. Использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива на автомобилях категории N1 значительно увеличивает нулевые пробеги из-за удалённости заправочных станций, что снижает эффективность применения природного газа. Целью исследований является разработка методики расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива для автомобилей категории N1 с учетом расположения мест заправки (АЗС/АГЗС/АГНКС).

Материалы и методы. В исследованиях представлена методика расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива, разработанная на основе многофакторного анализа эксплуатационных характеристик автомобиля, заданного маршрута движения автомобиля категории N1, особенностей работы водителя на маршруте и имеющейся инфраструктуры сети заправочных станций. Научной новизной является установление зависимости затрат на заправку моторным топливом от вида используемого топлива, имеющейся инфраструктуры сети заправочных станций, среднесуточного пробега и от технико-экономических показателей автомобилей категории N1.

Результаты. Разработанная методика апробирована на предприятиях, осуществляющих перевозку грузов автомобилями категории N1 на территории г. Омска. Установлено, что для автомобилей категории N1 при осуществлении процесса перевозок грузов в г. Омске затраты на заправку моторным топливом составляют от 1,77 до 15,62% от средних затрат на движение по маршруту.

Обсуждение и заключение. Методика позволяет определить влияние используемого топлива на эксплуатационные затраты автомобилей категории N1 для выбора эффективного моторного топлива, а также осуществлять учёт затрат на заправку моторным топливом и более точно осуществлять определение себестоимости перевозки грузов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компримированный природный газ, бензин, сжиженный углеродный газ, заправочная станция, затраты на заправку моторным топливом, автомобили категории №1, инфраструктура сети заправочных станций, себестоимость перевозок грузов, среднесуточный пробег

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 28.12.2022; принята к публикации 20.02.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

© Банкет М. В., Шаповал Д. В., Эйхлер И. А., Алешков Д. С., Погуляева И. В., 2023



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Банкет М. В., Шаповал Д. В., Эйхлер И. А., Алешков Д. С., Погуляева И. В. Разработка методики расчёта затрат на заправку различными видами моторного топлива для автомобилей категории N1 // Вестник СибАДИ. 2023. Т. 20, № 1 (89). С. 76-91. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-76-91>

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-76-91>

EDN: GLTLCK

COST CALCULATION METHOD DEVELOPMENT FOR VARIOUS TYPES OF ENGINE FUEL FILLING FOR FIRST CATEGORY AUTOMOBILES

Mikhail V. Banket, Dmitrii V. Shapoval, Ivan A. Eychler*, Denis S. Aleshkov, Irina V. Pogulyaeva

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

mikhail_banket@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1901-8150>

dsh.omsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3286-6795>

vaniaeichler@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4681-8468>

denisaleshkov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4204-7221>

pogulyaeva_iv@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1109-5327>

*corresponding author

ABSTRACT

Introduction. Reducing the operating costs of motor fuel for cars is possible through the use of cheaper and at the same time less environmentally harmful alternative energy sources. The main problem with the use of these energy sources, especially for 1 category cars, is the underdeveloped infrastructure of the network of filling stations for alternative fuels. The main alternative type of motor fuel in the Russian Federation is natural gas. The use of compressed natural gas as a vehicle fuel on 1 category cars significantly increases zero mileage due to the remoteness of filling stations, which reduces the efficiency of using natural gas. The purpose of the research is to develop a methodology for calculating the cost of refueling with various types of motor fuel for 1 category cars, taking into account the location of refueling points (gas stations / gas filling stations / filling stations).

Materials and Methods. The research presents a methodology for calculating the cost of refueling with various types of motor fuel, developed on the basis of a multivariate analysis of the vehicle performance, a given 1 category cars route, the driver's work on the route, and the existing infrastructure of the filling station network. The scientific novelty is the establishment of the dependence of the cost of refueling with motor fuel on the type of fuel used, the existing infrastructure of the network of filling stations, the average daily mileage and on the technical and economic indicators of 1 category cars.

Results. The developed methodology was tested at the enterprises that 1 category cars cargoes in the territory of Omsk. It has been established that for 1 category cars, when carrying out the process of transporting goods in Omsk, the cost of refueling with motor fuel will be from 1.77 to 15.62% of the average cost movement by the route.

Discussion and conclusions. The methodology allows to determine the impact of the fuel used on the 1 category cars operating costs, to select an effective motor fuel, as well as to account for the cost of refueling with motor fuel and more accurately determine the cost of transporting goods.

KEYWORDS: compressed natural gas, gasoline, liquefied carbon gas, filling station, motor fuel refueling costs, 1 category cars, filling station network infrastructure, freight transportation cost, average daily mileage.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 28.12.2022; accepted for publication 20.02.2023.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Banket M. V., Shapoval D. V., Eychler I. A., Aleshkov D. S., Pogulyaeva I. V. Cost calculation method development for various types of engine fuel filling for first category automobiles. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2023; 20 (1): 76-91. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-76-91>

© Banket M. V., Shapoval D. V., Eychler I. A., Aleshkov D. S., Pogulyaeva I. V., 2023



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Грузовые автомобильные перевозки в городах осуществляются в большей степени колесными транспортными средствами малой тоннажности (автомобилями категории N1). Во время выполнения транспортной работы возникают неопределенности, влияющие на общие затраты предприятия и региона в целом [1, 2]. К таким неопределенностям относится ряд факторов, одним из которых является изменяющаяся инфраструктура сети заправочных станций. Авторы в работе [3] предлагают методику многокритериального выбора автотранспорта в зависимости от имеющейся инфраструктуры транспортной сети. Авторами научных исследований [4] предложен алгоритм выбора грузовых транспортных средств в зависимости от конкретных условий на автотранспортном предприятии.

В научных исследованиях [5] рассмотрен вопрос повышения эффективности грузовых автомобильных перевозок в городах за счет разработки метода двухфакторного анализа работы автомобилей, но без учета выбора подвижного состава. В работе [6] представлена методика оценки эффективности применения грузовых автомобилей при перевозке грузов в городах.

Следует отметить, что на оценки эффективности перевозочного процесса также влияет стремление к нулевым выбросам [7]. В работах [8, 9, 10, 11] авторами дана оценка эффективности транспорта с точки зрения экологических показателей. Как отмечают авторы в работе [12], экологически чистые транспортные средства позволяют решить проблему маршрутизации транспортных средств. Согласно оценке степени воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, выполненной авторами в работе [13], установлено, что рост мировых выбросов вредных веществ вызван ростом автопарка, работающего на топливе нефтяного происхождения. Подробный литературный анализ использования различных видов альтернативного топлива для автомобильного транспорта представлен в работах [14, 15].

Основными проблемами, ограничивающими использование альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте, является недостаточно развитая структура

сети заправочных станций. Сеть автомобильных заправочных станций (АЗС), где заправка осуществляется бензином и дизельным топливом, развита достаточно хорошо. Сеть автомобильных газовых заправочных станций (АГЗС) в большинстве регионов России развита практически так же, как и сеть АЗС [16]. Так, например, в г. Омске, по данным электронных справочников международной картографической компании 2GIS, существует более 96 АГЗС во всех частях города. И при правильно выбранном маршруте (проходящем через АГЗС) можно осуществить заправку в процессе перевозки груза. При этом время самой заправки жидким топливом для малотоннажных автомобилей составит от 5 до 15 мин (без учета очереди) в зависимости от наполняемого объема. А вот использование самого дешевого моторного топлива из доступных, а именно компримированного природного газа (КПГ), не всегда позволит добиться максимального экономического эффекта перевозочного процесса, несмотря на все его преимущества [17, 18]. Это обусловлено недостаточно развитой инфраструктурой автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) [19, 20, 21, 22]. Например, в г. Омске работают четыре АГНКС, а количество зарегистрированных автомобилей, использующих в качестве топлива КПГ – 186 единиц. (Форма №1-БДД)¹. При этом в работе [23] предложена методика рационального планирования заправочных станций для стимулирования роста АТС на КПГ.

Помимо природного газа во всем мире в качестве альтернативы нефтяному моторному топливу применяют электроэнергию. Однако использование электричества в качестве топлива для автомобилей категории N1 затруднено высокой стоимостью самих транспортных средств [24], низким запасом хода [25] и низким уровнем развития инфраструктуры для зарядки [26, 27].

Еще одной проблемой использования электромобилей является получение электроэнергии [28], которая вырабатывается, в том числе за счет сжигания углеводородов. Хотя при этом наблюдается рост спроса на покупку электромобилей и их комплектующих [29, 30]. По данным источников [31, 32], в ряде городов РФ, например, Москве, Санкт-Петербурге, Тюмени и др., активно развивается инфраструктура и данный вид транспорта. Но в подавляющем

¹ Форма №1-БДД. Раздел 3. Количество автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, стоящих на учете. // Показатели состояния безопасности дорожного движения. УГИБДД УМВД России. URL: <http://stat.gibdd.ru/>, свободный. Заглавие с экрана (дата обращения: 28.11.2022). Текст: электронный.

большинстве городов России на сегодняшний день использование электротранспорта не представляется возможным, что отражено в работах [33, 34].

Исходя из вышесказанного, в настоящих исследованиях в качестве моторного топлива рассматриваются следующие виды: дизельное топливо, бензин, сжиженный нефтяной газ (СУГ) и КПГ.

Авторами [35] разработан метод оптимизации затрат на топливо при осуществлении международных автомобильных грузовых перевозок, основанный на оценке расстояния до заправочной станции и стоимости топлива. Однако предложенный метод не позволяет сравнить эффективность использования различных видов моторного топлива с учетом неравномерности развития городской сети заправочных станций.

Согласно [36, 37, 38] у каждого автомобиля категории N1 в зависимости от обслуживаемых районов города по заданию может быть различный среднесуточный пробег. Запас хода зависит от определенного расхода моторного топлива и объема моторного топлива в топливном баке (баллоне). В свою очередь определение расхода i -го вида топлива на 100 км представлено в методике², оценка затрат на заправку подвижного состава описана в [39], а экономический эффект от применения различных видов моторного топлива в [40].

Однако в существующих теоретических положениях и методиках отсутствует учет времени и пробега на заправку моторным топливом, поскольку при перевозке грузов используется подвижной состав на традиционных видах моторного топлива нефтяного происхождения (бензин, дизельное топливо, сжиженный нефтяной газ), а инфраструктура таких заправочных станций широко развита. При этом учетом времени и пробега на заправку моторным топливом в большинстве случаев пренебрегают, поскольку эту операцию осуществляют параллельно перевозочному процессу по возвращению на предприятие или при выходе на линию. С развитием альтернативных видов моторного топлива возникает проблема увеличения неучтенных затрат, связанных с процессом заправки моторным топливом ввиду ограниченной сети заправочных станций

для данного топлива. При этом отсутствуют методики, позволяющие оценить затраты на заправку моторным топливом.

Гипотеза исследования заключается в том, что отсутствие учета затрат на заправку моторным топливом ведет к несоответствию плановых и фактических показателей затрат на перевозку грузов и не позволяет получить объективную оценку общей себестоимости перевозок.

Целью данных исследований является разработка методики расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива для автомобилей категории N1 с учетом расположения мест заправки (АЗС/АГЗС/АГНКС). Для достижения которой решалась задача сопоставления средних затрат на заправку моторным топливом и средних затрат на движение транспортного средства по маршруту с учетом применения разных видов моторного топлива.

Проведя анализ литературных источников, установили, что отсутствуют теоретические положения, адекватно отражающие практику. Это приводит к принятию необоснованных решений при перевозке грузов автомобилями категории N1 в условиях удаленности заправочных станций. Для решения данной проблемы впервые в рамках теории грузовых перевозок и эксплуатации автомобилей категории N1 авторами установлена зависимость затрат на заправку моторным топливом от эксплуатационных показателей работы автомобилей категории N1 и развитости инфраструктуры заправочной сети конкретных видов моторного топлива. На основе установленной зависимости разработана методика расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива для автомобилей категории N1.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ограничения и выборка

Автомобили категории N1 в качестве моторного топлива в настоящее время используют бензин, дизельное топливо, СУГи компримированный природный газ, при этом 62% всех автомобилей категории N1 в РФ составляют автомобили преимущественно марки ГАЗ (Газель) различных модификаций. Поэтому для настоящих исследований выбраны именно автомобили марки ГАЗ (Газель)³.

² Трофимов А.В. Нормирование и контроль расхода горюче-смазочных материалов на предприятиях автомобильного транспорта: учебно-методическое пособие / А. В. Трофимов, Б. В. Журавский, Б. С. Трофимов. Омск, 2021. (2-е издание, деривативное). 42 с.

³ Парк транспортных средств в Российской Федерации // Автостат. Аналитическое агентство. URL: <https://www.autostat.ru/>, свободный. Заглавие с экрана (дата обращения: 28.11.2022). Текст: электронный.

В качестве генеральной совокупности в настоящих исследованиях выбраны предприятия, осуществляющие перевозку грузов автомобилями категории N1 на территории г. Омска.

Автомобили категории N1 в г. Омске используются для перевозки различных грузов и находятся в собственности физических лиц, индивидуальных предпринимателей и различных предприятий. На большинстве предприятий количество применяемых автомобилей составляет не более 10 ед. Однако существует и ряд крупных предприятий, к которым можно отнести ООО «Хлебопродукт» (Форнакс) и ОАО «Хлебодар», осуществляющие производство и перевозку хлебобулочных изделий собственным подвижным составом. Доля рынка хлебобулочных изделий в г. Омске у двух рассматриваемых предприятий составляет более 60%: у «Хлебодара» – 38%, у «Форнакса» – 23%.

В качестве объекта исследования выбраны автомобили категории N1 предприятий ООО «Хлебопродукт» (Форнакс) и ОАО «Хлебодар», осуществляющих перевозку хлебобулочных изделий в г. Омске, в количестве 40 и 60 ед. соответственно.

Поскольку автомобили исследуемых предприятий не используют дизельное топливо, данный вид топлива не будет отражен в настоящих исследованиях.

Для определения дальнейших расчетов были приняты следующие допущения:

- рассматриваются только внутригородские перевозки;
- учитываются только действующие АЗС/АГЗС/АГНКС;
- количество дней работы предприятия постоянно в течение года;
- объём топливного бака/баллонов ограничен конструктивными особенностями автомобилей категории N1 и является постоянной величиной;
- заправка подвижного состава осуществляется на заправочных станциях, находящихся максимально близко к исследуемым предприятиям или местам разгрузки;

- заправка бензином и КПГ происходит в конце смены по пути следования автомобиля на предприятие, согласно руководству по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе⁴, заправка СУГ осуществляется в начале смены при движении автомобиля категории N1 к первому пункту разгрузки, согласно руководству по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе⁵ и технике безопасности при эксплуатации газобаллонных автомобилей;

- часовая тарифная ставка водителя, расход моторного топлива и стоимость конкретного вида топлива рассчитывается путем усреднения данных в течение года.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТОДИКИ

Определение стоимости одного километра пробега для грузовых автомобилей

Оценка затрат на заправку различными видами моторного топлива при перевозке грузов автомобилями категории N1 определяется согласно разработанной методике. Методика включает в себя математические модели и зависимости, представленные ниже.

Для оценки экономической эффективности использования того или иного вида топлива произведем расчет значения стоимости одного километра пробега в зависимости от применяемого топлива. Именно данный показатель является одним из основных при оценке целесообразности переоборудования подвижного состава на использование альтернативных видов топлива, а также назначения автомобиля, работающего на том или ином виде моторного топлива на маршруты.

Стоимость одного километра пробега в зависимости от применяемого топлива

$$C_i^{1км} = \frac{H_i \cdot Ц_i}{100}, \quad (1)$$

где H_i – расход i -го вида топлива на 100 км, л ($м^3$)/100 км; $Ц_i$ – стоимость i -го вида топлива, руб.

⁴ РД 03112194-1095-03 Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034846/titles>, свободный. Заглавие с экрана (дата обращения к ресурсу: 19.12.2022). Текст: электронный.

⁵ РД 03112194-1094-03 Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039627>, свободный. Заглавие с экрана (дата обращения к ресурсу: 19.12.2022). Текст: электронный.

Расход i -го вида топлива на 100 км получен на основе методики⁶ и определен усредненным показателем за год, стоимость i -го вида топлива определена усредненным показателем за год для всех АЗС/АГЗС/АГНКС г. Омска на основании показателя «Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги» (ЕМИСС)⁷.

Результаты расчета по формуле (1) представлены в таблице 1.

Таблица 1
Средняя стоимость одного километра пробега ГАЗ-172412 в зависимости от применяемого вида топлива, руб.

Источник: составлено авторами.

Table 1
The average cost of one kilometer of GAZ-172412 run depending on the type of fuel used, rub.

Source: compiled by the authors.

Показатель	Значения		
	Бензин АИ-92	СУГ	КПГ
Стоимость 1 км пробега, руб.	7,84	4,33	3,61

Из анализа полученных результатов следует, что наиболее эффективным видом топлива с точки зрения затрат на топливо для осуществления процесса перевозки автомобилями марки ГАЗ является КПГ, однако они не учитывают величину пробега на заправку моторным топливом, которая будет варьироваться в зависимости от месторасположения заправочных станций и необходимости в заправках топливом.

Определение годового пробега грузовых автомобилей в зависимости от вида используемого топлива

При этом годовой пробег грузовых автомобилей категории N1, работающих на различных видах моторного топлива, будет различен, поскольку помимо пробега на выполнение транспортной работы, годовой пробег будет учитывать пробеги до заправки моторным топливом. Также стоит заметить, что чем больше объём топливных баков и, соответственно, моторного топлива на борту автомобиля, тем больше запас хода и тем реже возникает не-

обходимость в заправке моторным топливом.

Запас хода автомобиля категории N1 для i -го вида моторного топлива определяется по формуле

$$l_{3X}^i = \frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i}, \quad (2)$$

где Q_T^i – объём топлива в топливном баке/баллонах, л (m^3).

При выполнении перевозки грузов необходимо учитывать остаток моторного топлива в баке/баллоне для возможности своевременного его пополнения.

Данный остаток моторного топлива зависит от расстояния до места заправки, то есть удалённости автомобиля категории N1 от заправочной станции.

Определим запас хода до момента осуществления заправки i -м видом моторного топлива:

$$l_{3X}^i = \frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i, \quad (3)$$

где l_3^i – расстояние от последнего места разгрузки до АЗС/АГНКС или расстояние от предприятия до АГЗС, км.

Заправка моторным топливом может осуществляться не каждый день, поскольку при малых среднесуточных пробегах остаток моторного топлива может быть достаточен для выполнения транспортной работы на следующий рабочий день.

Определим количество дней без дозаправки i -м видом моторного топлива:

$$D_{\text{бз}}^i = \frac{1}{l_{cc}} \cdot \left(\frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i \right), \quad (4)$$

где l_{cc} – среднесуточный пробег (без учета пробега на заправку моторным топливом), км.

Тогда необходимое количество заправок i -м видом моторного топлива за год для одного автомобиля категории N1 примет вид

⁶ Трофимов А.В. Нормирование и контроль расхода горюче-смазочных материалов на предприятиях автомобильного транспорта: учебно-методическое пособие / А.В. Трофимов, Б.В. Журавский, Б. С. Трофимов. Омск, 2021. (2-е издание, дераивативное). 42 с.

⁷ Показатель «Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги» // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31448>, свободный. Заглавие с экрана (дата обращения к ресурсу: 28.11.2022). Текст: электронный.

$$N_3^i = \frac{D_p}{\frac{1}{l_{cc}} \cdot \left(\frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i \right)}. \quad (5)$$

На основе полученных математических моделей можно определить годовой пробег автомобиля на i -м виде моторного топлива в зависимости от среднесуточного пробега с учетом пробега до заправочных станций и количестве заливок моторным топливом в год.

Годовой пробег автомобиля категории N1 на i -м виде моторного топлива определяется по формуле

$$L_T^i = l_{cc} \cdot D_p + \frac{D_p \cdot l_3^i}{\frac{1}{l_{cc}} \cdot \left(\frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i \right)}. \quad (6)$$

Таким образом, полученная математическая модель является функцией для двух варьируемых параметров среднесуточного пробега и расстояния от последнего места разгрузки до АЗС/АГНКС или расстояние от предприятия до АГЗС (в зависимости от вида используемого топлива).

Тогда годовой среднесуточный пробег примет вид

$$\bar{l}_{cc}^{Gi} = \frac{L_T^i}{D_p} = l_{cc} + \frac{l_3^i}{\frac{1}{l_{cc}} \cdot \left(\frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i \right)}. \quad (7)$$

Годовой среднесуточный пробег на заправку моторным топливом определяется по формуле

$$\bar{l}_{cc(3)}^{Gi} = \frac{l_3^i}{\frac{1}{l_{cc}} \cdot \left(\frac{Q_T^i \cdot 100}{H_i} - l_3^i \right)}. \quad (8)$$

Результаты вычислений по формуле (8) для исследуемых предприятий при значениях среднесуточного пробега, которые варьируются от 50 до 250 км, и удалённости заправочных станций от выполняемого автомобилем маршрута от 300 м до 25 км для разных видов моторного топлива, представлены на рисунке 1.

Среднесуточный пробег определен на основе обработки маршрутных листов за год по предприятиям ОАО «Хлебодар» и ООО «Хлебопродукт». Рабочие дни – на основе обработки данных этих маршрутных листов. Расстояние от последнего места разгрузки до АЗС/АГНКС и расстояние от предприятия до АГЗС определено по ГИС-картам, на основе протяженности дорожной сети⁸, с учетом количества и месторасположения заправочных станций АЗС/АГЗС/АГНКС. Количество и месторасположения соответствующих станций определялось на основании данных портала Benzin-price.ru⁹.

С ростом среднесуточного пробега пропорционально увеличивается и количество заливок топливом, однако в зависимости от вида используемого топлива, месторасположения предприятия и маршрута движения транспортного средства пробег до места заправки будет различным, поскольку инфраструктура заправочных станций развита неравномерно. За минимальное удаление заправочных станций и связанных с этим пробегами автотранспортных средств был принят пробег по территории станций, при этом сама станция находится на маршруте автотранспортного средства (среднее расстояние движения по территории заправочных станций определялось с помощью измерений на ГИС-картах и определении среднего пробега АТС). За максимальное удаление заправочных станций в настоящих исследованиях было принято среднее расстояние от территории предприятий до ближайшей станции, при этом рассматривалось, что кратчайшее расстояние находится на маршруте – последний пункт разгрузки (первый пункт загрузки) – «предприятие – заправочная станция». В этом случае пробег автотранспортного средства на заправку моторным топливом составит две длины маршрута «предприятие – заправочная станция».

С учетом вышеизложенных допущений и оценки состояния существующей инфраструктуры наименьшей вариативностью обладает бензиновое топливо – при его использовании максимальные годовые среднесуточные пробеги составят 3 км.

С учетом вышеизложенных допущений и оценки состояния существующей инфраструктуры наименьшей вариативностью обладает бензиновое топливо – при его использовании максимальные годовые среднесуточные пробеги составят 3 км.

⁸ Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Омской агломерации // Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет : официальный сайт / ФГБОУ ВО «СибАДИ» / URL <https://sibadi.org/proekt-bezopasnye-i-kachestvennye-doogi/omskaya-gorodskaya-aglomeratsiya/> (дата обращения: 17.11.2022). Текст: электронный.

⁹ АЗС в Омской области, заправки Омской области : официальный сайт / national oceanic and atmospheric administration / - URL <https://www.benzin-price.ru/> (дата обращения: 17.11.2021). Текст: электронный.

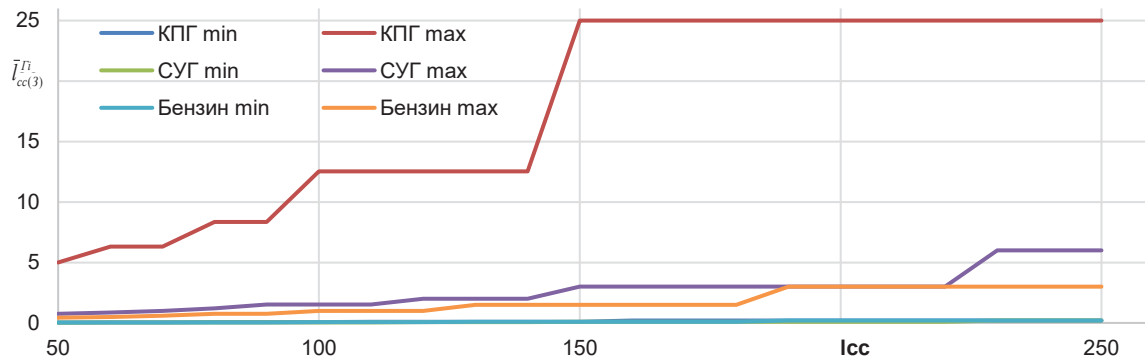


Рисунок 1 – Годовой среднесуточный пробег на заправку моторным топливом в зависимости от вида топлива
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Annual average daily mileage for refueling with motor fuel depending on the type of fuel
Source: compiled by the authors.

Что обусловлено достаточно большой распространенностью данных заправочных станций. Наибольшими годовыми среднесуточными пробегами в нашем исследовании обладает сжатый природный газ, что связано с отсутствием достаточной инфраструктуры и большей удаленностью заправочных станций данного вида от месторасположения предприятий. Следует отметить, что для дальнейших исследований будут рассмотрены варианты с максимальным годовым среднесуточным пробегом автотранспортных средств.

Установленные зависимости являются базовыми элементами разработанной модели, поскольку лежат в основе определения затрат на заправку различными видами моторного топлива при перевозке грузов автомобилями категории N1.

Определение затрат на заправку моторным топливом автомобилей категории N1

Затраты на заправку моторным топливом, руб. [39]:

$$Z_3 = \sum_{i=1}^m Z_i, \quad (9)$$

где m – конечное значение при учете всех переменных, $m = 3$.

Затраты на пробег от места стоянки автомобиля до места заправки и от места заправки до первого пункта разгрузки, руб.:

$$Z_1 = l_3 \cdot C_i^{1км}, \quad (10)$$

где l_3 – расстояние от места стоянки автомобиля до места заправки и от места заправки до первого пункта разгрузки, км.

Затраты на оплату труда водителя за время движения транспортного средства от места стоянки автомобиля категории N1 до места заправки и от места заправки до первого пункта разгрузки, руб.:

$$Z_2 = \frac{l_3 \cdot C_{мч}}{V_m}, \quad (11)$$

где V_m – средняя техническая скорость, км/ч; $C_{мч}$ – часовая тарифная ставка водителя, руб./ч,

Значения средней технической скорости определены по данным системы ГЛОНАСС.

Затраты на оплату труда водителя за время наполнения топливного бака (газового баллона) моторным топливом:

$$Z_3 = t_{зап} \cdot C_{мч}, \quad (12)$$

где $t_{зап}$ – время заправки одного автомобиля, ч.

Время заправки одного автомобиля определено для каждого вида моторного топлива и объема топливного бака (газового баллона), а также остатка моторного топлива в топливном баке (газовом баллоне), данные результаты получены авторами методом хронометрирования с учетом правил проведения натурных наблюдений.

Конкретное значение затрат на заправку моторным топливом можно определить для конкретного анализируемого случая, зная конкретные величины параметров. Однако при планировании перевозочного процесса определить значения некоторых переменных можно только с какой-то долей вероятности, поэтому предлагается использовать средние затраты на заправку моторным топливом с учетом переменных $V_m, t_{зап}$.

Затраты на пробег от места стоянки автомобиля категории N1 до места заправки и от места заправки до первого пункта разгрузки (Z_1) не включают в себя переменных, и поэтому данная величина затрат будет определена произведением величин, входящих в расчетную формулу.

Исходя из вышесказанного, средние затраты на заправку моторным топливом определяются:

$$\bar{Z}_3 = Z_1 + \sum_{i=1}^{m-1} Z_i, \quad (13)$$

где Z_i – среднеарифметическое значение затрат при определенных переменных;

Z_1 – среднеарифметическое значение затрат при переменной V_m и $t_{запр} = \text{const}$;

Z_2 – среднеарифметическое значение затрат при переменной $V_m = \text{const}$ и $t_{запр}$;

Z_3 – среднеарифметическое значение затрат при переменных V_m и $t_{запр}$.

Среднеарифметические значения затрат при переменных V_m и $t_{запр}$ рассчитываются по формуле

$$Z_i = \frac{Z_{2i} + Z_{3i} + (Z_2 + Z_3)_i}{3}. \quad (14)$$

При изменении двух переменных от минимальных до максимальных значений можно провести не более трех расчетов.

Результаты расчета средних затрат на заправку моторным топливом для одной единицы подвижного состава исследуемых предприятий представлены в таблице 2. Результаты представлены с учетом разовой заправки моторным топливом.

Расчеты проведены с учетом имеющейся

инфраструктуры заправочных станций. Для бензина

($Z_{зБ}$) и СУГ ($\bar{Z}_{зСУГ}$) расчет проводился для ближайших заправочных станций, расчет для КПГ

($Z_{зКПГ}$) проводился для двух имеющихся АГНКС.

Анализ результатов расчета средних затрат на заправку моторным топливом позволил сделать вывод о том, что для ООО «Хлебопродукт» (Форнакс) и для ОАО «Хлебодар» заправку КПГ целесообразно осуществлять на АГНКС по улице Заводская, 17/1а. Поэтому в дальнейших исследованиях будем учитывать данную АГНКС, поскольку именно по ней получены минимальные затраты на заправку моторным топливом.

Полученные данные средних затрат на заправку различными видами моторного топлива необходимо сопоставить со средними затратами на движение автомобилей категории N1 по маршруту.

Определение затрат на движение по маршруту автомобиля категории N1

Средние затраты на движение автомобиля по маршруту включают в себя эксплуатационные затраты на топливо и средние затраты на оплату труда водителя за время движения автомобиля категории N1 по маршруту.

$$\bar{Z}_0 = Z_m + \bar{Z}_{он}. \quad (15)$$

Эксплуатационные затраты на топливо для одного автомобиля за сутки определяются следующим образом:

$$Z_m = l_{cc} \cdot C_i^{1км}. \quad (16)$$

Таблица 2

Средние затраты на заправку моторным топливом в зависимости от применяемого топлива (на одну заправку)

Источник: составлено авторами.

Table 2

Average costs for refueling with motor fuel depending on the fuel used (per refueling)

Source: compiled by the authors.

Вид топлива	Средние затраты на заправку моторным топливом, руб.	
	ООО «Хлебопродукт» (Форнакс)	ОАО «Хлебодар»
Бензин АИ-92	123,5	116,4
СУГ	152,4	145,4
КПГ АГНКС № 1 – ул. Заводская, 17/1а	762,8	370,5
КПГ АГНКС № 2 – ул. Долинная, 11	817,0	627,6

Таблица 3
Средние затраты на движение автомобиля категории N1 по маршруту в зависимости от среднесуточного пробега для разных видов моторного топлива (за сутки)

Источник: составлено авторами.

Table 3
Average costs for 1 category cars movement along the route depending on the average daily mileage for different types of motor fuel (per day)

Source: compiled by the authors.

Среднесуточный пробег, км.	Затраты для различных видов моторного топлива, руб.		
	Бензин АИ-92 ($\bar{Z}_{об}$)	СУГ ($\bar{Z}_{дСУГ}$)	КПГ ($\bar{Z}_{дКПГ}$)
50	889,8	875,8	677,8
100	1778,6	1751,6	1353,6
150	2668,4	2627,4	2030,4
200	3557,2	3503,2	2706,2
250	4447,0	4379,0	3383,0

Затраты на оплату труда водителя за время движения автомобиля по маршруту:

$$Z_{on} = \frac{l_{cc} \cdot C_{мч}}{V_m}. \quad (17)$$

Средние затраты на оплату труда водителя за время движения автомобиля категории N1 по маршруту определяются как среднеарифметическое значение затрат при переменной V_m .

Результаты расчета средних затрат на движение автомобиля по маршруту в зависимости от среднесуточного пробега для разных видов моторного топлива (за сутки) представлены в таблице 3.

Следует отметить, что результаты расчета средних затрат на движение автомобиля категории N1 по маршруту в зависимости от среднесуточного пробега для разных видов моторного топлива получены без учета затрат на заправку моторным топливом. Поэтому данные значения затрат для исследуемых предприятий одинаковы. Результирующими средними затратами на движение автомобиля будет сумма средних затрат на движение автомобиля по маршруту и средних затрат на заправку моторным топливом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сопоставление затрат на заправку различными видами моторного топлива и на движение по маршруту автомобиля категории N1

Произведем сопоставление средних затрат на заправку различными видами моторного топлива и средних затрат на движение автомобиля по маршруту относительно среднесуточного пробега для исследуемых предприятий. Данное сопоставление можно выполнить для любого среднесуточного пробега, в качестве примера выбран $l_{cc} = 100$ км (рисунки 2, 3). Годовые пробеги для автомобилей при разных видах используемого топлива определены по формуле (6).

Произведя оценку и обработку результатов сопоставления, установили, что неучтенные затраты, которые возникают в процессе перевозки грузов, связаны с необходимостью заправки моторным топливом.

Оценка затрат на заправку различными видами моторного топлива для исследуемых предприятий

Согласно разработанной методике расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива при перевозке грузов автомобилями категории N1 произведен расчет для исследуемых предприятий. Расчет произведен для одного автомобиля за год при $l_{cc} \in [10; \infty)$ составят:

- Для ООО «Хлебопродукт» (Форнакс):
 - при использовании бензина: от 1358,6 руб. до 31124,3 руб., что составляет 1,88–2,04% от средних затрат на движение автомобиля;
 - при использовании СУГ: от 1371,9 руб. до 31248,2 руб., что составляет 1,91–2,1% от средних затрат на движение автомобиля;

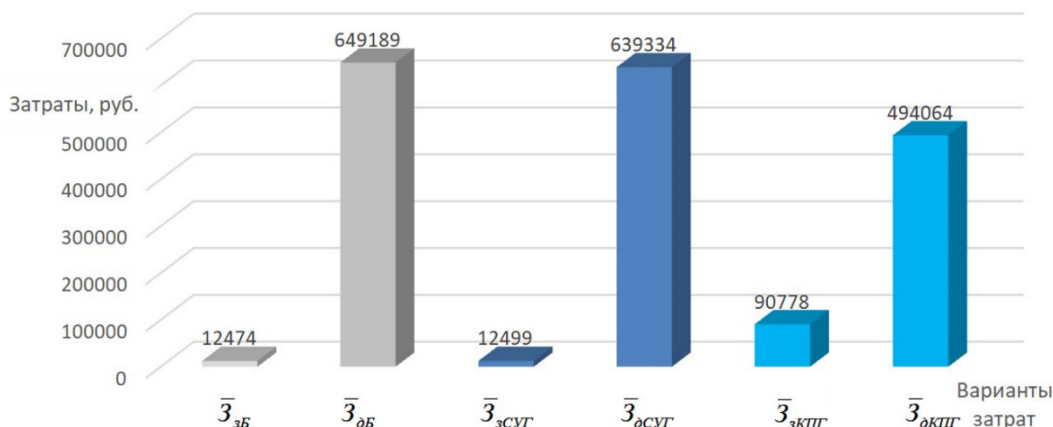


Рисунок 2 – Сопоставление средних затрат на заправку различными видами моторного топлива и средних затрат на движение автомобилей категории N1 по маршруту при $l_{cc} = 100$ км для ООО «Хлебопродукт» (Форнакс) за год
 Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Comparison of the average costs for refueling with various types of motor fuel and the average costs for 1 category cars movement along the route with $l_{cc} = 100$ km for OOO Khleboprodukt (Fornaks) for the year
 Source: compiled by the authors.

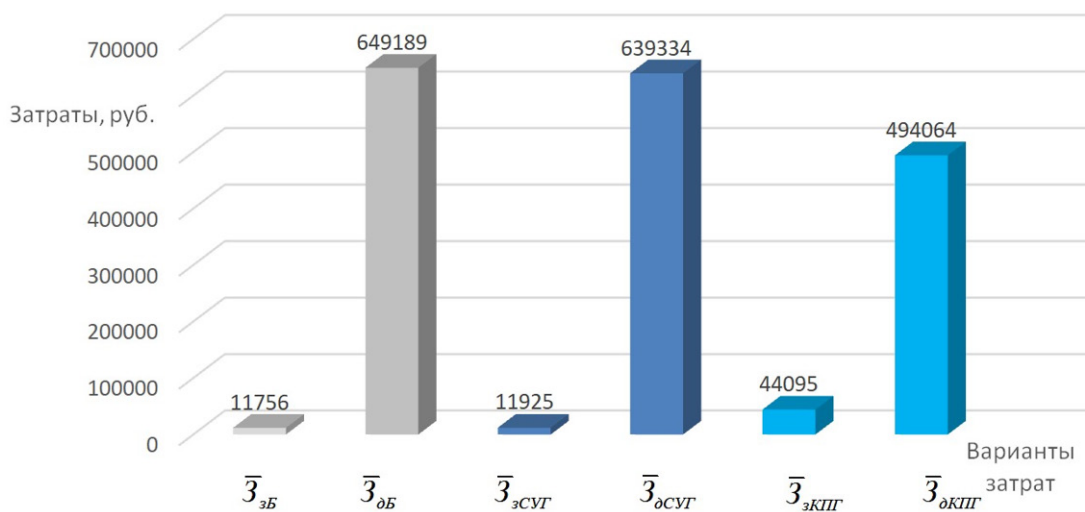


Рисунок 3 – Сопоставление средних затрат на заправку различными видами моторного топлива и средних затрат на движение автомобилей категории N1 по маршруту при $l_{cc} = 100$ км для ОАО «Хлебодар» за год
 Источник: составлено авторами.

Fig. 3 – Comparison of the average cost of refueling with various types of motor fuel and the average cost of 1 category cars movement along the route at $l_{cc} = 100$ km for OAO Khlebodar for the year
 Source: compiled by the authors.

• при использовании КПП: от 9154,1 руб. до 225801,1 руб., что составляет 15,43–15,62% от средних затрат на движение автомобиля.

Для ОАО «Хлебодар»:

• при использовании бензина: от 1280,3 руб. до 29331,6 руб., что составляет

1,77–1,92% от средних затрат на движение автомобиля;

• при использовании СУГ: от 1308,8 руб. до 29811,8 руб., что составляет 1,82–2,01% от средних затрат на движение автомобиля;

• при использовании КПП: от 4446,5 руб.

до 109681,1 руб., что составляет 8,14 до 8,25% от средних затрат на движение автомобиля.

Следует отметить, что для ОАО «Хлебо-дар» затраты на заправку КПГ более чем в четыре раза выше, чем затраты на заправку бензином и СУГ, а для ООО «Хлебопродукт» (Форнакс) – более чем в семь раз. Это обуславливает обязательный учет затрат на заправку моторным топливом. При принятии решения о переводе подвижного состава на КПГ в настоящее время необходимо учитывать расположение заправочной станции от места стоянки подвижного состава.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили разработать методику расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива при перевозке грузов автомобилями категории N1. Методика позволяет определить средние затраты на движение автомобилей категории N1 по маршруту и средние затраты на заправку различными видами моторного топлива. Результаты позволили определить конечные затраты, связанные с заправкой моторным топливом, с учетом среднесуточного пробега исследуемых автомобилей и имеющейся инфраструктуры заправочных станций. Отсутствие планирования данных затрат повлечет за собой финансовые потери и снижение прибыли от услуг перевозки.

Обоснование выбора вида топлива при перевозке грузов автомобильным транспортом необходимо выполнять с учетом затрат на заправку моторным топливом и в зависимости от среднесуточного пробега, что позволяет сделать разработанная методика.

Дальнейшее развитие инфраструктуры использования КПГ на автомобильном транспорте за счет увеличения числа АГНКС будет приводить к снижению затрат на заправку моторным топливом в гиперболической зависимости и, соответственно, общие затраты предприятия на движение автомобилей категории N1 будут уменьшаться, а также росту экономической эффективности использования данного вида моторного топлива, даже при малом значении среднесуточного пробега.

Предложенная авторами настоящих научных исследований методика расчета затрат на заправку различными видами моторного топлива для автомобилей категории N1 позволяет произвести учет всех затрат, возникающих в процессе перевозки для любого предприятия, осуществляющего перевозочный процесс с учетом имеющейся инфраструктуры рассматриваемого региона.

Данная оценка должна осуществляться при принятии решения о покупке автомобилей категории N1 или при переоборудовании автомобилей в газобаллонные.

При определении затрат на топливо предприятий, осуществляющих перевозку, зачастую не учитывают затраты, связанные с заправкой автомобилей категории N1. В существующих методиках планирования перевозочного процесса учитываются нулевые пробеги. Однако в них не выделен пробег на заправку, а отсутствие учета данного показателя при планировании может привести к снижению эффективности перевозок. А при недостаточно развитой инфраструктуре заправочных станций возникают дополнительные затраты, связанные с заправкой моторным топливом. Это особенно актуально для газобаллонных автомобилей, использующих КПГ, поскольку инфраструктура АГНКС находится на этапе развития и зачастую не покрывает охват города.

В настоящих научных исследованиях произведен расчет стоимости одного километра пробега автотранспортного средства в зависимости от применяемого вида топлива. Данный расчет применяется перевозчиками при принятии решения переоборудования автомобилей категории N1 в газобаллонные для осуществления перевозок. Однако этот расчет не позволяет учесть ряд дополнительных затрат, связанных в первую очередь с заправкой автомобиля, что на практике приводит к наличию дополнительных затрат и увеличению срока окупаемости переоборудования автомобилей категории N1 в газобаллонные.

Произведен расчет количества заправок топливом в зависимости от среднесуточного пробега. Результаты расчета позволили сделать вывод, что в зависимости от вместимости топливного бака/газового баллона и среднесуточного пробега количество заправок будет изменяться, оказывая влияние на затраты, связанные с заправкой моторным топливом.

Авторами разработана методика определения средних затрат на заправку моторным топливом, позволяющая перевозчикам осуществлять учет затрат, связанных с заправкой моторным топливом. Эффективность разработанной методики заключается в возможности определения неучтенных затрат, связанных с заправкой моторным топливом и адекватной оценке срока окупаемости исследуемых автомобилей, работающих на различных видах моторного топлива.

Проведено сопоставление средних затрат на заправку моторным топливом и средних за-

трат на движение транспортного средства по маршруту с учетом применения разных видов моторного топлива. Установлено, что с учетом имеющейся инфраструктуры заправочных станций средние затраты на заправку моторным топливом при использовании бензина и СУГ для исследуемых предприятий могут составлять в пределах 2% от средних затрат на движение транспортного средства, а для КПП могут достигать более 15%. Учет данных затрат позволит минимизировать финансовые потери, связанные с перевозочным процессом.

Настоящие научные исследования проведены для автомобилей категории N1 с учетом сложившейся инфраструктуры сети заправочных станций углеводородного топлива. Дальнейшие исследования будут направлены на создание алгоритма оценки затрат на заправку моторным топливом для всех типов автомобильного транспорта с учетом инфраструктуры сети заправочных станций не только углеводородного, но и водородного топлива и электричества. Применение результатов исследования возможно для определения эффективности использования автотранспортных средств, использующих различные виды топлива. Внедрение разработанной методики позволит улучшить планирование затрат при организации перевозок грузов исследуемыми автомобилями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Mohamad M. A. I. Ranking the Logistics Uncertainty in Malaysian Road Transport Operations / M.A.I. Mohamad, S.S.R. Shariff, W.M.W. Mohamed // 11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC). 2020. pp.371-374.
2. Moschovou T. P. Road freight transportation in a period of economic instability: A panel data study in four EU Mediterranean countries. / T.P. Moschovou, A.G. Giannopoulos // Research in Transportation Business & Management. 2021. vol. 41. no. 100622 DOI:10.1016/j.rtbm.2021.100622
3. Stoilova, S. Methodology for Multi-criteria Selection of Transportation Technology in Transport Network / S. Stoilova // Modelling of the interaction of the different vehicles and various transport modes. 2020. pp. 1-103. DOI:10.1007/978-3-030-11512-8_1
4. Коновалова Т. В., Надирян С. Л. Алгоритм выбора подвижного состава для перевозки грузов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. № 10. С. 239–242. DOI 10.23672/SAE.2019.10.39019
5. Aytbagina E. Method of Two-Factor Analysis of Cars Operation in the Road Transport System of Cargo Transportation / E. Aytbagina, E. Vitvitskiy // 8th International Scientific Siberian Transport Forum (TransSiberia). 2020, vol. 2. pp.968-974. DOI: 10.5937/jaes0-36647
6. Putra, A. A. Model of logistic transport distribution in the urban area / A. A. Putra, L.O.M. Magribi, M. Makmur // 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE). 2020. no. 012098. DOI 10.1088/1755-1315/419/1/012098
7. Enzmann J. Reducing Road Transport Emissions in Europe: Investigating A Demand Side Driven Approach / J. Enzmann, M. Ringel // Sustainability. 2020. vol. 12 (18). no. 7594. DOI: 10.3390/su12187594
8. Ma, Q.F. Green efficiency changes of comprehensive transportation in China: Technological change or technical efficiency change? / Q.F. Ma, P. Jia, H.B. Kuang // Journal of cleaner production. 2021. vol. 304. no. 127115.
9. Munoz-Villamizar, A. Measuring environmental performance of urban freight transport systems: A case study / A. Munoz-Villamizar, J. Santos, J.C. Velazquez-Martinez // Sustainable cities and society. 2020. vol. 52. no. 101844. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101844
10. Palander T. Comparison of Energy Efficiency Indicators of Road Transportation for Modeling Environmental Sustainability in "Green" Circular Industry / T. Palander, H. Haavikko, K. Karha // Sustainability. 2020. vol. 12 (7). no. 2740. DOI: 10.3390/su12072740
11. Safranek, M. Alternative fuels in urban transport / M. Safranek, I. Voznakova // 8th Carpathian Logistics Congress on Logistics, Distribution, Transport and Management (CLC). 2019. pp.861-866.
12. Ghorbani, E. Survey on Environmentally Friendly Vehicle Routing Problem and a Proposal of Its Classification / E. Ghorbani, M. Alinaghian, G.A. Perboli // Sustainability. 2020. vol. 12 (21). pp. 1-72. DOI: 10.3390/su12219079
13. Makarova I. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport / I. Makarova, P. Buyvol, K. Shubenkova // International Scientific Conference on LOGI - Horizons of Autonomous Mobility in Europe. 2020. vol. 44. pp. 86-93.
14. Johnson E. Cars and ground-level ozone: how do fuels compare? / E. Johnson // European Transport Research Review. 2017. vol. 9. no 47 (2017). DOI:10.1007/s12544-017-0263-7
15. Navas-Anguita, Z. A review of techno-economic data for road transportation fuels / Z. Navas-Anguita, D. Garcia-Gusano, D. Iribarren // Renewable & sustainable energy reviews. 2019. pp.11-26. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.041
16. Старинская, Г. Как в России устроен рынок АЗС / Г. Старинская // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/10/13/737707-kak-ustroen-rinok-azs>, свободный. Заглавие с экрана (Дата обращения к ресурсу 20.08.2021).
17. Milojević, S.T. Sustainable application of natural gas as engine fuel in city buses – benefit and restrictions. / S.T. Milojević // Journal of Applied Engineering Science. 2017. vol. 15. no. 1. pp. 81-88. DOI:10.5937/jaes15-12268
18. Tica, S. Study of the fuel efficiency and ecological aspects of CNG buses in urban public transport in Belgrade / S. Tica, P. Živanović, S. Bajčetić, B. Milovanović, A. Nađ // Journal of Applied Engineering Science. 2019. vol. 17. no. 1. pp. 65-73. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes17-17035>
19. Суворов А. С. Перевод российского автотранспорта на газомоторное топливо осуществляется медленно // АвтоГазоЗаправочныйКом-

плекс+Альтернативное Топливо. 2019. № 12. С. 556–557.

20. Тимирханова Л. Ф., Пельменева А. А. Факторы развития рынка газомоторного топлива в регионах РФ // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2020. № 8 (188). С. 37–46.

21. Xie X. The Usage Analysis and Policy Choice of CNG Taxis Based on a Multi-stage Dynamic Game Model. / X. Xie, Y. Wang, X. Li // Computational Economics. Springer; Society for Computational Economics. 2019. vol. 54(4). pp 1379-1390. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-016-9645-5>

22. Zhou Y. The current level of development of the Chinese CNG automobile market, its future trends and strategies / Y. Zhou, Z. Zhou // Natural Gas and LNG. 2009. vol.10. pp. 44-48. (2009). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2018.04.010>

23. Huang K., Prediction of CNG automobile ownership by using the combined model / K. Huang, Y. Lv, C. Huang, Y. Wang, Y. Niu, W. Yang // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. vol. 6. pp. 2422-2427.

24. Ajanovic A. Economic and Environmental Prospects for Battery Electric - and Fuel Cell Vehicles / A. Ajanovic, R. Haas // A Review fuel cells. vol. 19 (5). 2019. pp.515-529. DOI: [10.1002/fuce.201800171](https://doi.org/10.1002/fuce.201800171)

25. Synák F. Assessing the Energy Efficiency of an Electric Car. / F. Synák, M. Kučera, T. Skrúcaný // Communications - Scientific Letters of the University of Zilina. 2021. vol. 23. no. 1. pp. A1-A13. DOI: [10.26552/com.C.2021.1.A1-A13](https://doi.org/10.26552/com.C.2021.1.A1-A13)

26. Campana, M. Optimal Sizing of Electric Vehicle Charging Stations Considering Urban Traffic Flow for Smart Cities /M. Campana, E. Inga, J. Cardenas // Energies. 2021. vol. 14 (16). no. 4933. DOI: [10.3390/en14164933](https://doi.org/10.3390/en14164933)

27. Eltoumi F. M. The key issues of electric vehicle charging via hybrid power sources / F. M. Eltoumi, M. Becherif, H.S. Ramadan // Techno-economic viability, analysis, and recommendations, Renewable & sustainable energy reviews. 2021. vol. 138. no. 110534. DOI: [10.1016/j.rser.2020.110534](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110534)

28. Petrovic D.T. Electric cars are they solution to reduce CO2 emission?/ D.T. Petrovic, D.R. Pesic, R.M. Mijailovic // Thermal science. 2020. vol. 24(5). pp.2879-2889. DOI: [10.3390/su14063371](https://doi.org/10.3390/su14063371)

29. Ponsree, K. Environmental Awareness and Adoption Intention of Electric Cars in Young Adult / K. Ponsree, N. Gebombut, P. Naruetharadhol // Modern management based on big data. 2021. pp. 165 -174.

30. Solcan, S. Designing a car seat for electrical car / S. Solcan, R. Rozsos, C. Neamtu // Actatechnicaapocensis series-applied mathematics mechanics and engineering. 2019. vol. 62 (4).pp. 617-622.

31. Новости. КАМАЗ и ГАЗ поставят Москве первые 200 электробусов // АвтоГазоЗаправочный-Комплекс+Альтернативное Топливо. 2018. № 7. 335 с.

32. На линии Москвы вышел 300-й электробус // АвтоГазоЗаправочныйКомплекс+Альтернативное Топливо. 2020. № 3. 152 с.

33. Блудян Н. О. Оценка перспективы использования электрических автобусов на городском транспорте // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 8. С. 28–36.

34. Предпосылки и тенденции развития электромобилей / В. Б. Мошков, В. В. Овчинников, А. Ю. Баранник, Д. В. Черняков, В. В. Кожемякин, М. Ю. Курбатов, А. С. Скоробогатая // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18, № 2 (68). С. 14–19.

35. Fülöp M.T. Economic Development Based on a Mathematical Model: An Optimal Solution Method for the Fuel Supply of International Road Transport Activity / M.T. Fülöp, M. Gubán, G. Kovács, M. Avornicului // Energies. 2021. vol.14. no. 2963. DOI: [10.3390/en14102963](https://doi.org/10.3390/en14102963)

36. Николин В. И. Грузовые автомобильные перевозки: монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. 480 с.

37. Николин В. И., Мочалин С. М., Погуляева И. В. Оцениваем эффективность // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2005. № 10. С. 36–38.

38. Войтенков С. С., Шаповал Д. В., Витвицкий Е. Е. К вопросу о терминологии на автомобильном транспорте // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4 (44). С. 11–15.

39. Банкет М. В., Шаповал Д. В., Бакунов А. С. Применение природного газа общественным автобусным транспортом в городе Омске при условии рационального размещения газовых заправочных станций // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 3. С. 78–82.

40. Банкет М. В., Шаповал Д. В., Войтенков С. С. Экономическая оценка использования природного газа на коммерческом автомобильном транспорте при перевозке хлеба в г. Омске // Грузовик. 2021. № 12. С. 35–42.

REFERENCES

1. Mohamad M.A.I, Shariff S.S.R., Mohamed W.M.W. Ranking the Logistics Uncertainty in Malaysian Road Transport Operations, *11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*. 2020: 371-374.

2. Moschovou T. P., Giannopoulos A. G. Road freight transportation in a period of economic instability: A panel data study in four EU Mediterranean countries. *Research in Transportation Business & Management*. 2021; vol. 41. no. 100622. DOI: [10.1016/j.rtbm.2021.100622](https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100622)

3. Stoilova S. Methodology for Multi-criteria Selection of Transportation Technology in Transport Network Modelling of the interaction of the different vehicles and various transport modes. 2020: 1-103. DOI: [10.1007/978-3-030-11512-8_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11512-8_1)

4. Konvalova T. V., Nadjirjan S. L. Algoritmy vybora podvzhnogo sostava dlja perevozki gruzov [Algorithm for selection of rolling stock for cargo transportation]. *Gumanitarnye, social'no-jekonomicheskie i obshchestvennyye nauki*. 2019; 10: 239-242. DOI: [10.23672/SAE.2019.10.39019](https://doi.org/10.23672/SAE.2019.10.39019) (In Russ.)

5. Aytbagina E., Vitvitskiy E. Method of Two-Factor Analysis of Cars Operation in the Road Transport System of Cargo Transportation, *8th International Scientific Siberian Transport Forum (TransSiberia)*. 2020; vol. 2: 968-974. DOI: [10.5937/jaes0-36647](https://doi.org/10.5937/jaes0-36647)

6. Putra A. A., Magribi L.O.M., Makmur M. Model of logistic transport distribution in the urban area, 3rd *International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE)*. 2020, no. 012098. DOI 10.1088/1755-1315/419/1/012098
7. Enzmann J., Ringel M. Reducing Road Transport Emissions in Europe: *Investigating A Demand Side Driven Approach, Sustainability*. 2020; 12 (18). no. 7594. DOI: 10.3390/su12187594
8. Ma Q.F., Jia P., Kuang H.B. Green efficiency changes of comprehensive transportation in China: Technological change or technical efficiency change? *Journal of cleaner production*. 2021; vol. 304. no. 127115.
9. Munoz-Villamizar A., Santos, J., Velazquez-Martinez J.C. Measuring environmental performance of urban freight transport systems: A case study, *Sustainable cities and society*. 2020; vol. 52. no. 101844. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101844
10. Palander T., Haavikko H. Karha K. Comparison of Energy Efficiency Indicators of Road Transportation for Modeling Environmental Sustainability in "Green" Circular Industry. *Sustainability*. 2020; vol. 12 (7). no. 2740. DOI: 10.3390/su12072740
11. Safranek M., Voznakova I. Alternative fuels in urban transport, *8th Carpathian Logistics Congress on Logistics, Distribution, Transport and Management (CLC)*. 2019: 861-866.
12. Ghorbani E., Alinaghian M., Perboli G.A. Survey on Environmentally Friendly Vehicle Routing Problem and a Proposal of Its Classification, *Sustainability*. 2020; vol. 12 (21): 1-72. DOI: 10.3390/su12219079
13. Makarova I., Buyvol P., Shubenkova K. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport, *International Scientific Conference on LOGI - Horizons of Autonomous Mobility in Europe*, 2020. vol. 44: 86-93.
14. Johnson E. Cars and ground-level ozone: how do fuels compare? *European Transport Research Review*, 2017; vol. 9. no 47 (2017). DOI:10.1007/s12544-017-0263-7
15. Navas-Anguita Z., Garcia-Gusano D., Iribarren D. A review of techno-economic data for road transportation fuels. *Renewable & sustainable energy reviews*, 2019, pp.11-26. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.041
16. Starinskaya G. Kak v Rossii ustroen rynek AZS? [How the gas station market is arranged in Russia]. *Vedomosti*. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/10/13/737707-kak-ustroen-ri-nok-azs>, last accessed 20.08.2021.
17. Milojević S.T. Sustainable application of natural gas as engine fuel in city buses – benefit and restrictions. *Journal of Applied Engineering Science*. 2017; vol. 15. no. 1: 81 -88. DOI:10.5937/jaes15-12268
18. Tica S., Živanović P., Bajčetić S., Milovanović B., Nađ A. Study of the fuel efficiency and ecological aspects of CNG buses in urban public transport in Belgrade. *Journal of Applied Engineering Science*. 2019; vol. 17. no. 1: 65-73. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes17-17035>
19. Suvorov A. S. Perevod rossijskogo avtotransporta na gazomotornoe toplivo osushhestvljaetsja medlenno [The transfer of Russian vehicles to gas engine fuel is slow]. *AvtoGazoZapravochnyj kompleks + Al'ternativnoe toplivo*. 2019; vol.18. no. 12: 556-557. (In Russ.)
20. Timirhanova L. F. Pel'menjoval A. A. Faktory razvitiya rynka gazomotornogo topliva v regionah RF [Factors of development of the gas engine fuel market in the regions of the Russian Federation]. *Problemy jekonomiki i upravlenija neftegazovym kompleksom*. 2020; vol. 8 (188):37-46.
21. Xie X., Wang Y., Li X. The Usage Analysis and Policy Choice of CNG Taxis Based on a Multi-stage Dynamic Game Model. *Computational Economics. Springer; Society for Computational Economics*. 2019; vol. 54(4): 1379-1390. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-016-9645-5>
22. Zhou Y., Zhou Z. The current level of development of the Chinese CNG automobile market, its future trends and strategies. *Natural Gas and LNG*. 2009; vol.10: 44-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2018.04.010>
23. Huang K., Lv Y., Huang C., Wang Y., Niu Y., Yang W. Prediction of CNG automobile ownership by using the combined model. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. vol. 6: 2422-2427.
24. Ajanovic A., Haas R. Economic and Environmental Prospects for Battery Electric - and Fuel Cell Vehicles, *A Review fuel cells*. 2019; vol. 19 (5): 515-529. DOI: 10.1002/fuce.201800171
25. Synák F., Kučera M., Skrúčaný T. Assessing the Energy Efficiency of an Electric Car. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*. 2021; vol. 23. no. 1: A1-A13. DOI: 10.26552/com.C.2021.1.A1-A13
26. Campana M., Inga E., Cardenas J. Optimal Sizing of Electric Vehicle Charging Stations Considering Urban Traffic Flow for Smart Cities. *Energies*. 2021; vol. 14 (16). no. 4933. DOI: 10.3390/en14164933
27. Eltoumi F. M., Becherif M., Ramadan H. S. The key issues of electric vehicle charging via hybrid power sources: Techno-economic viability, analysis, and recommendations. *Renewable & sustainable energy reviews*. 2021; vol. 138 no. 110534. DOI:10.1016/j.rser.2020.110534
28. Petrovic D. T., Pesic D. R., Mijailovic R. M. Electric cars are they solution to reduce co2 emission? *Thermal science*. 2020; vol. 24(5): 2879-2889. DOI: 10.3390/su14063371
29. Ponsree K., Gebsoombut N., Naruetharadhol P. Environmental Awareness and Adoption Intention of Electric Cars in Young Adult. *Modern management based on big data*. 2021: 165 -174.
30. Solcan S., Rozsos R., Neamtu C. Designing a car seat for electrical car. *Acta tehnica napocensis series-applied mathematics mechanics and engineering*. 2019; vol. 62 (4): 617-622.
31. Novosti. KamAZ I GAZ postavjat Moskve pervye 200 jelektrobusov [News. KAMAZ and GAZ will supply Moscow with the first 200 electric buses]. *Avtogazozapravochnyj kompleks + al'ternativnoe toplivo*. 2018; 7: 335. (In Russ.)
32. Na linii moskvy vyshel 300-j jelektrobus. Avtogazozapravochnyj kompleks + al'ternativnoe toplivo [The 300th electric bus entered the Moscow line]. 2020. vol. 3:152. (In Russ.)
33. Bludjan N. O. Ocenka perspektivy ispol'zovaniya jelektricheskikh avtobusov na gorodskom transporte [Assessment of the prospects for the use of electric buses in public transport]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie. nauchnyj informacionnyj sbornik*. 2020; vol. 8: 28-36. (In Russ.)

34. Moshkov V. B., Ovchinnikov V. V., Barannik A. J. u. Predposylki i tendencii razvitiya jelektromobilej [Prerequisites and trends in the development of electric vehicles]. *Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2021; 2 (68): 14-19. (In Russ.)

35. Fülöp M. T., Gubán M., Kovács G., Avornicului M. Economic Development Based on a Mathematical Model: An Optimal Solution Method for the Fuel Supply of International Road Transport Activity. *Energies*. 2021; vol.14, no. 2963. DOI: 10.3390/en14102963

36. Nikolin V. I. Vitvickij E. E., Mochalin S. M. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki: monografija*. [Freight road transportation: Monograph]. 2-e izdanie. Sibirskaja gosudarstvennaja avtomobil'no-dorozhnaja akademija (SibADI), 2004. 480 p. (In Russ.)

37. Nikolin V. I. Mochalin S. M., Pogulyaeva I. V. Ocenivaem jeffektivnost'. [We assess the effectiveness]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozajstvo*. 2005. no. 10. pp. 36-38. (In Russ.)

38. Vojtenkov S. S., Shapoval D. V., Vitvickij E. E. K voprosu o terminologii na avtomobil'nom transporte [To the question of terminology in road transport]. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii*. 2015;4 (44):11-15. (In Russ.)

39. Banket M. V., Shapoval D. V., Bakunov A. S. Primenenie prirodnogo gaza obshhestvennym avtobusnym transportom v gorode Omske pri uslovii racional'nogo razmeshhenija gazovyh zapravochnyh stancij [he use of natural gas by public bus in the city of Omsk, subject to the rational placement of gas filling stations]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. 2017; 3: 78-82. (In Russ.)

40. Banket M. V., Shapoval D. V., Vojtenkov S. S. Ekonomicheskaya otsenka ispol'zovaniya prirodnogo gaza na kommercheskom avtomobil'nom transporte pri perevozke khleba v gorode Omske [Economic assessment of the use of natural gas on commercial road transport when transporting bread in Omsk]. *Gruzovik*. 2021; 12. (2021): 35-42.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Концептуализация – Банкет М. В., Алешков Д. С.
Методология – Банкет М. В., Шаповал Д. В.

Программное обеспечение – Шаповал Д. В., Эйхлер И. А., Валидация – Банкет М. В.

Официальный анализ – Шаповал Д. В., Алешков Д. С.

Исследования – Банкет М. В., Шаповал Д. В., Алешков Д. С., Ресурсы – Банкет М. В., Погуляева И. В., Эйхлер И. А.,

Курирование данных – Погуляева И. В., Эйхлер И. А.

Подготовка первоначального проекта – Шаповал Д. В.

Обзор и редактирование – Банкет М. В., Погуляева И. В.

Администрирование проекта – Алешков Д. С., Эйхлер И. А.

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

Conceptualization – Mikhail V. Banket, Denis S. Aleshkov

Methodology – Mikhail V. Banket, Dmitry V. Shapoval

Software – Dmitry V. Shapoval, Ivan A. Eychler

Validation – Mikhail V. Banket
Official analysis – Dmitry V. Shapoval, Denis S. Aleshkov

Research – Mikhail V. Banket, Dmitry V. Shapoval, Denis S. Aleshkov

Resources – Mikhail V. Banket, Irina V. Pogulyaeva, Ivan A. Eychler

Data management – Irina V. Pogulyaeva, Ivan A. Eychler

Preparation of the initial draft – Dmitry V. Shapoval
Review and editing – Mikhail V. Banket, Irina V. Pogulyaeva

Project administration – Denis S. Aleshkov, Ivan A. Eychler

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил Викторович Банкет – канд. техн. наук, доц., и.о. директора института «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника», доц. кафедры «Автомобильный транспорт», SPIN-код: 3698-4459.

Дмитрий Владимирович Шаповал – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Организация перевозок и безопасность движения», институт «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника», SPIN-код: 1720-5332.

Эйхлер Иван Андреевич – канд. экон. наук, доц. кафедры «Экономика, логистика и управления качеством», институт «Информационные системы, экономика и управление», SPIN-код: 7562-4729.

Денис Сергеевич Алешков – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Автоматизация и энергетическое машиностроение», институт «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника», SPIN-код: 2503-8585.

Ирина Владимировна Погуляева – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Экономика, логистика и управления качеством», институт «Информационные системы, экономика и управление», SPIN-код: 4007-8472.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mikhail V. Banket – Cand. of Sci., Associate Professor, Director of the Automobile Transport, Oil and Gas and Construction Equipment Institute, Associate Professor of the Automobile Transport Department, SPIN-код: 3698-4459.

Dmitry V. Shapoval – Cand. of Sci., Associate Professor, Transportation and Traffic Safety Department, Oil and Gas and Construction Equipment Institute, SPIN-код: 1720-5332.

Ivan A. Eychler – Cand. of Sci., Associate Professor, Economics, Logistics and Quality Management department, Information Systems, Economics and Management Institute, SPIN-код: 7562-4729.

Denis S. Aleshkov – Cand. of Sci., Associate Professor, Automation and Power Engineering Department, Oil and Gas and Construction Equipment Institute, SPIN-код: 2503-8585.

Irina V. Pogulyaeva – Cand. of Sci., Associate Professor, Economics, Logistics and Quality Management Department, Information Systems, Economics and Management Institute, SPIN-код: 4007-8472.