

УДК 656.13

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-358-369>

EDN: XMRZLI

Научная статья



ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЯМИ ОГРАНИЧЕННЫХ ОТПРАВОК УГЛЯ В ГОРОДЕ

Е. Е. Витвицкий^{1*}, Н. И. Юрьева¹, Г. О. Тажигулова², С. Г. Курымбаев², П. У. Байгожина²

¹Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
г. Омск, Россия

²Карагандинский университет им. академика Е. А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан

vitvitsky_ee@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0155-8941>,
yureva_ni@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1224-020X>,
19gt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7026-3947>,
sakura3874@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1822-792X>,
nurali_safia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8583-3292>

*ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. В экономике государств одной из постоянных задач остается обеспечение насущных потребностей населения в осенне-зимний период в городах и населенных пунктах, на первый план ставится задача обеспечения топливом (углем) домохозяйств. Спрос на уголь ограничен платежеспособностью и распределен на весь период отрицательных температур воздуха. Отсюда запас угля на период отопления жилищ формируется во многих случаях путем закупки партий угля, представляющих долю от общей потребности в указанный период. Цель настоящей работы – нахождение обоснованных ответов по применению технологий перевозок ограниченных отправок грузов в городах.

Материалы и методы. Решение задачи было выполнено в рамках оперативного планирования перевозки ограниченных отправок угля для населения по территории города на основе концепции подхода к построению общей теории функционирования автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ) с применением нормативного подхода при расчете затрат на перевозку, дескриптивных моделей работы автомобиля в микро- и развозочной АТСПГ.

Результаты. Путем математического моделирования получены обоснованные величины оперативных планов перевозки ограниченных отправок угля в городах помашинной технологией и «развозкой». Нормативный подход к расчету затрат – актуализированная на дату расчета электронная база данных отрасли автомобильного транспорта. Программно-математическое обеспечение по расчету затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем позволили достоверно определить плановые величины затрат на перевозку помашинной технологией и «развозкой».

Обсуждение и заключение. Установлено преимущество применения «развозочной» технологии в рассматриваемых условиях – при перевозке угля автомобильным транспортом на примере города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уголь, городское сообщение, грузовые автомобильные перевозки, план перевозок грузов, технология перевозок, затраты на перевозку.

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 19.04.2022; принята к публикации 10.06.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Для цитирования: Витвицкий Е. Е. Обоснование технологии перевозок автомобилями ограниченных отправок угля в городе/ Е. Е. Витвицкий, Н. И. Юрьева, Г. О. Тажигулова, С. Г. Курымбаев, П. У. Байгожина // Вестник СибАДИ. 2022. Т.19, № 3(85). С. 358-369. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-358-369>

© Витвицкий Е. Е., Юрьева Н. И., Тажигулова Г. О., Курымбаев С. Г., Байгожина П. У., 2022



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-358-369>

EDN: XMRZLI

Original article

JUSTIFICATION FOR AUTOMOBILE TRANSPORTATION TECHNOLOGY OF LIMITED COAL SHIPMENTS IN THE CITY

Evgeny E. Vitvitsky^{1}, Natalya I. Yurieva¹, Gulmira O. Tazhigulova², Sayat G. Kurymbaev², Perizal U. Baigozhina²*

¹*Siberian Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia*

²*Karaganda University named after Academician E. A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan*

vitvitsky_ee@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0155-8941>,

yureva_ni@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1224-020X>,

19gt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7026-3947>,

sakura3874@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1822-792X>,

nurali_safia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8583-3292>

**corresponding author*

ABSTRACT

Introduction. In the economy of states, one of the constant tasks remains to ensure the urgent needs of the population, in an autumn-winter period in cities and settlements, the task of providing fuel (coal) to households is highlighted. The demand for coal is limited by solvency and distributed over the entire period of negative air temperatures. Hence, the supply of coal for the period of heating of dwellings is formed, in many cases, by purchasing lots of coal, representing a share of the total demand during the specified period. The purpose of this work is to find reasonable answers on the use of transportation technologies for limited shipments of goods in cities.

Materials and methods. The solution to the problem was carried out within the framework of operational planning for the transportation of limited shipments of coal for the population throughout the city on the basis of the concept of an approach to building a general theory of truck systems functioning for motor transport shipping network, using a regulatory approach when calculating transportation costs, descriptive models of the car's operation in micro- and delivery motor transport shipping network.

Results. Through mathematical modelling, reasonable values of operational plans for the transportation of limited shipments of coal in cities by machine technology and delivery were obtained. Regulatory approach to cost calculation, electronic database of road transport industry updated at the date of calculation. Software and mathematical support for calculating the costs of cargo transportation as part of models of micro and especially small motor transport systems made it possible to reliably determine the planned values of transportation costs by machine technology and delivery.

Discussion and conclusion. The advantage of using delivery technology in the conditions under consideration has been established, when transporting coal by road using the case of a city.

KEYWORDS: coal, city traffic, freight road transportation, cargo transportation plan, transportation technology, transportation costs.

The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 19.04.2022; accepted for publication 10.06.2022.

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: Vitvitsky E. E., Yuryeva N. I., Tazhigulova G. O., Kurymbaev S. G., Baigozhina P. U. Justification for automobile transportation technology of limited coal shipments in the city. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2022; 19 (3): 358-369. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-358-369>

© Vitvitsky E. E., Yurieva N. I., Tazhigulova G. O., Kurymbaev S. G., Baigozhina P. U., 2022



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

ВВЕДЕНИЕ

Опыт решения задач планирования и организации перевозок грузов в городах показывает существенное количество их постановок, подходов и методик решения, критериев, результатов, методов и методик оценки полученных результатов. Многовариантность и многоаспектность задач грузовых автомобильных перевозок в городах обуславливает потребность в разработке некоторого множества решений, которые не являются окончательными во времени, и, как показывает практика, через какой-то период времени приходится вновь обращаться к известным, казалось бы, «классическим» достижениям теории, которые рассогласованы с практикой и через определенный период времени требуют пристального внимания и переоценки вплоть до наоборот. Так и вопрос перевозки угля автомобильным транспортом в городах в силу практической востребованности оказался на повестке дня. Определенным вкладом в развитие теоретических представлений по перевозке грузов автомобильным транспортом в городах являются работы научной школы СибАДИ (научный руководитель д-р техн. наук, проф. Е. Е. Витвицкий), где особенности математического моделирования автотранспортных систем перевозок грузов в городах с позиций массового обслуживания рассмотрены Е. С. Хорошиловой¹, обоснование применения технологии перевозок строительных

грузов на радиальных маршрутах в городах изучали Ю. Д. Кабанец [1], ресурсосбережение при перевозках грузов автомобильным транспортом в городах – центральный момент внимания А. Х. Толебаевой², т. к. в отношении потребления транспортной продукции требуется разработка мер по ее экономии на стадии планирования перевозок, поскольку если перевозка совершена, то она одновременно потреблена. Совершенствование оперативного планирования при территориальном методе организации централизованных перевозок строительных грузов помашинными отправлениями в городах рассматривал С. С. Войтенков³, определение выполнимых и невыполнимых в конкретных эксплуатационных условиях величин обязательств перевозчика по договору перевозки – задача работы Т. В. Самусовой⁴, о наличии более или менее выгодных по критерию «прибыль» расстояниях перевозок грузов работа Э. Р. Айтбагиной⁵, аспекты современной практики организации перевозок строительных грузов автомобильным транспортом в городе на примере ООО «ЗЖБИ № 7» освещены также в работе Э. Р. Айтбагиной⁶, влияние случайного отклонения на результаты оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в микро и особо малой автотранспортных системах изучали Н. В. Ловыгина, Н. Ф. Антипенко⁷. Созданием методики планирования работы «почасовых» грузовых автомобилей в городах

¹ Хорошилова Е. С., Витвицкий Е. Е. Математическое моделирование автотранспортных систем перевозок грузов в городах / X Международная IEEE научно-техническая X юбилейная конференция «Динамика систем, механизмов и машин» (Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics)) // Сборник научных трудов № 1, том 3. Омск: ОмГТУ, 2016. С.375–380.

² Толебаева А. Х., Витвицкий Е. Е. Влияние маршрутизации перевозок грузов на ресурсосбережение и снижение вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду / «Актуальные вопросы энергосбережения и новые технологии в науке и образовании Республики Казахстан»: // материалы Международной научно-практической конференции. Т.1. Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2014. 229 с.

³ Войтенков С. С., Витвицкий Е. Е. Совершенствование оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах: монография. Омск: СибАДИ, 2013. 174 с

⁴ Самусова Т. В., Витвицкий Е. Е. Моделирование «гарантированности» перевозок грузов помашинными отправлениями автотранспортным средством в городах / X Международная IEEE научно-техническая X юбилейная конференция «Динамика систем, механизмов и машин» (Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics)), Сборник научных трудов № 1, том 4. Омск: ОмГТУ, 2016. С.103–106.

⁵ Айтбагина Э. Р., Витвицкий Е. Е. Некоторые результаты обзора теории грузовых автомобильных перевозок в городах // Евразийский союз ученых. 2016. № 29-2. 2016. С.87–91.

⁶ Айтбагина Э. Р., Витвицкий Е. Е. Современная практика организации перевозок грузов автомобильным транспортом в городе на примере ООО «ЗЖБИ № 7» // Техника и технологии строительства. 2016. № 4 (8). С. 5–9.

⁷ Ловыгина Н. В., Витвицкий Е. Е., Антипенко Н. Ф. Применение оперативного планирования процесса перевозок грузов помашинными отправлениями в микро и особо малой автотранспортных системах с учетом вероятностных факторов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 2, № 2. С. 324–328.

и практических рекомендаций по ее применению занимались авторы К. П. Крылова⁸. Э. А. Ключев, С. С. Войтенков [2], обобщили практику работы автомобильного транспорта в рыночных условиях хозяйствования, что выявило отдельные недостатки и проблемы, но не определило пути решения возникших транспортных проблем в крупных городах. Повышение эффективности перевозок грузов в городах требует применения научно обоснованных решений в сфере управления, планирования и организации работы АТС на основе координации функционирования грузоотправителей, грузополучателей и автотранспортных организаций. На неравномерность работы автотранспортных средств при перевозке строительных грузов в городах обратила внимание Е. С. Федосеенкова⁹, где предложила методику оперативного планирования перевозок грузов для ее учета. Сравнение результатов применения методов решения задачи оптимизации планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах осуществлено в статье Р. Е. Шипицыной¹⁰, совершенствование классификации автотранспортных систем перевозок грузов помашинными отправлениями в городах также отражено в работе Е. С. Федосеенковой¹¹, развитие метода организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом, самостоятельно организовавшегося на

практике, выполнено Э. Р. Айтбагиной¹². Повышение эффективности перевозок хлеба и хлебобулочных изделий мелкими отправлениями в городах рассмотрено в статье М. А. Миргородского¹³ за счет разработки методики выбора подвижного состава для автотранспортных систем с грузовыми центрами. Совершенствование методики планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах при работе автомобиля на маятниковых и кольцевых маршрутах выполнено Т. В. Самусовой в работе¹⁴. Некоторые результаты обзора теории описания грузовых перевозок применительно к грузовому такси изучали Е. С. Галактионова, Д. С. Скворцова¹⁵, которые отмечают, что в отечественных работах не удалось установить наличия публикаций, посвященных исследованиям в сфере перевозок грузов с использованием грузового такси, однако существует довольно значительный объем исследований, посвященный работе легковых таксомоторов. Поскольку принцип работы легковых и грузовых такси в общем одинаков (осуществляется адресный вызов транспортного средства к конкретному времени и совершается перевозка), то авторам представляется целесообразным изучение теоретических положений, связанных с работой легковых такси, с тем чтобы в дальнейшем изучить возможность их адаптации применительно к грузовым перевозкам.

⁸ Крылова К. П., Витвицкий Е. Е. Разработка методики планирования работы «почасовых» грузовых автомобилей в городах: монография. Омск: Изд-во СибАДИ, 2018. 174 с.

⁹ Федосеенкова Е. С., Витвицкий Е. Е. Неравномерность работы автотранспортных средств при перевозке строительных грузов в городах // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 4. С. 82–88.

¹⁰ Шипицына Р. Е., Витвицкий Е. Е. Сравнение результатов применения методов решения задачи оптимизации планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах. В сборнике: Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2021. С. 64–70.

¹¹ Федосеенкова Е. С., Витвицкий Е. Е. Совершенствование классификации автотранспортных систем перевозок грузов помашинными отправлениями в городах / В сборнике: Информационные технологии и инновации на транспорте Материалы VI-й Международной научно-практической конференции // Под редакцией А. Н. Новикова. 2019. С. 77–84.

¹² Айтбагина Э. Р., Витвицкий Е. Е. Развитие метода организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом: монография. Омск: Изд-во СибАДИ, 2018. 150 с.

¹³ Миргородский М. А., Витвицкий Е. Е. Методика выбора подвижного состава при перевозке грузов мелкими отправлениями в городах // Автотранспортное предприятие. 2009. № 6. С. 44–48.

¹⁴ Самусова Т. В., Витвицкий Е. Е. Совершенствование методики планирования перевозок грузов автомобилем на маятниковых и кольцевых маршрутах // Вестник СГТУ. Саратов: СГТУ. Т. 3, № 1(76). 2014. С. 137–140.

¹⁵ Галактионова Е. С., Скворцова Д. С. Некоторые результаты обзора теории описания грузовых перевозок применительно к «грузовому такси» / Сборник материалов III Национальной научно-практической конференции. Направление 2. Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса, Омск СибАДИ, 2020. С.202–208.

В опросы кадрового обеспечения логистических технологий затрагиваются в работе А. П. Варенова¹⁶, влияние отсутствия стабильного функционирования улично-дорожной сети, внедрение инновационных технологий в ее развитие на планирование и организацию грузовых автомобильных перевозок в мегаполисах отражено в работе В. Г. Кочерги, В. В. Зырянова [3]. В статье Н. А. Атрохова, Д. Г. Мороза [4] предлагаются технологии перевозок мелких партий грузов как альтернативные классическим с целью обеспечения эффективной работы автотранспорта при доставке грузов заданным грузополучателям; классифицированы условия, при которых предпочтительнее применять предлагаемые альтернативные технологии перевозок мелких партий грузов с учетом нормативно-правовых ограничений на движение. Планирование транспортного процесса перевозки грузов в условиях города (на примере г. Харькова) изучали Е. И. Куш, А. С. Галкин, Н. А. Фиялко [5]. Инновационные концепты транспортного развития городов рассмотрены И. Н. Пугачёвым, Ю. И. Куликовым [6], в триаде «Безопасный город», «Умный город», «Комфортный город» в связи со стратегией пространственного развития страны и реализацией национальных проектов, предложенных президентом РФ с целью сбережения народа России, является повышение благополучия и качества жизни граждан, связанности городов и других населенных пунктов современными коммуникациями, а также возможности адаптации новых форм индивидуальной городской мобильности с целью удобства, охраны здоровья населения и окружающей среды в городском пространстве. Логистические решения в смарт-городах рассмотрели С. В. Дирко, И. С. Павлова [7], в частности они отмечают, что в развивающихся странах города испытывают насущную потребность в создании адекватной городской транспортной

инфраструктуры, которая соответствовала бы растущим темпам урбанизации. Развитые страны зачастую сталкиваются с проблемой поддержания функциональности устаревших инфраструктур, от которых невозможно отказаться в силу стоимостных, территориальных и иных соображений. Современное состояние мелкопартионных перевозок и проблематику их совершенствования рассмотрели Н. В. Ярещенко, Я. Ю. Жирякова в работе [8], где дана общая характеристика проблем повышения эффективности мелкопартионных перевозок и актуальность их решения в современных условиях. Описана возможная методология решения проблемы и дальнейшие перспективы полученных результатов. Задача оптимизации грузовых потоков на автомобильном транспорте решалась С. В. Скирковским¹⁷, рассмотрены практические и теоретические аспекты оптимизации. Проблемы транспортного образования раскрыл В. В. Нордин¹⁸, где указал, что транспортные системы многих российских городов являются неэффективными, не соответствующими современным тенденциям «городов, удобных для жизни» и «устойчивой мобильности». Большинство проблем связано с нехваткой специалистов, способных решать сложные задачи транспортного планирования. Предлагается структура и содержание учебно-методического комплекса новой дисциплины, изучение которой в рамках некоторых направлений подготовки будет способствовать решению транспортных проблем городов. Проблемы транспортно-логистических систем городов и мероприятия по их решению изучили А. П. Грефенштейн, Е. Д. Псеровская¹⁹. В статье представлен обзор основных проблем транспортно-логистических систем городов. В работе Xiangyang, X., Gao, J., Cao, GY. et al [9] сформулированы принципы управления процессами перевозок в городах. Про-

¹⁶ Варенов А. П. Системы и технологии перевозки грузов автомобильным транспортом: проблемы и перспективы развития. Транспортні системи та технології: проблеми та перспективи розвитку. Тезисы доповідей Регіональної науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів і учнів 12 квітня 2018 року. С. 14–16.

¹⁷ Скирковский С. В. Оптимизация грузовых потоков на автомобильном транспорте. Учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / С. В. Скирковский; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет транспорта. Гомель: Белгит, 2007. 44 с. http://elibrary.bsut.by/bitstream/handle/123456789/1085/skirkovskiy_optimizaciya_gruz_potokov.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Свободный: 05.01.2022).

¹⁸ Нордин В. В. О транспортном образовании // XIV Международная научно-практическая конференция «Прогрессивные технологии в транспортных системах» Калининградский государственный технический университет, Калининград, 2019. С. 425–432.

¹⁹ Грефенштейн А. П., Псеровская Е. Д. Проблемы транспортно-логистических систем городов и мероприятия по их решению // Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «НАУКА И МОЛОДЕЖЬ». Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (01-05 июня 2020 года, г. Барнаул). С. 38–41.

веден сравнительный анализ методов управления грузовыми перевозками за рубежом и в нашей стране. Результаты обзора позволяют констатировать, что вышеизложенные работы ученых не представляют исчерпывающей совокупности решений, тем не менее, они позволяют судить о разнообразии аспектов и сторон постановок и решений в грузовых автомобильных перевозках в городах. Некоторые результаты данных работ могут быть использованы и в настоящей статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследования – определить пределы применения помашинной и развозочной технологии при перевозке угля автомобильным транспортом на примере города.

Задачи:

1. Подготовить исходные данные.
2. Предложить методику решения.
3. Оценить выполнимость плана перевозок грузов.

4. Рассчитать затраты на перевозку угля.

Плановые результаты работы автомобиля (АТС) по перевозке угля на развозочном маршруте за оборот определены с использо-

ванием модели развозочной АТСПГ. В этом случае АТС выполнит: первый нулевой пробег ($L_{н1}$), погрузку, пробег с грузом на первом звене (L_{r1}), первую разгрузку, пробег с грузом на втором звене (L_{r2}), вторую разгрузку, холостой пробег (L_x). Расчёт технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) проведен по формулам (1), (2), (3), (4), (5).

Длина маршрута

$$L_m = L_{r1} + L_{r2} + L_x. \quad (1)$$

Время оборота

$$t_o = \frac{L_m}{V_T} + t_{пп} + t_3 \cdot (P - 1), \quad (2)$$

V_T – средняя техническая скорость, км/ч;

$t_{пп}$ – время простоя под погрузкой и разгрузкой, ч;

t_3 – время заезда, ч;

P – количество пунктов разгрузки на развозочном маршруте.

Выработка в тонно-километрах за оборот

$$P_{Т·км} = Q_1 \cdot L_{r1} + Q_2 \cdot L_{r2}, \quad (3)$$

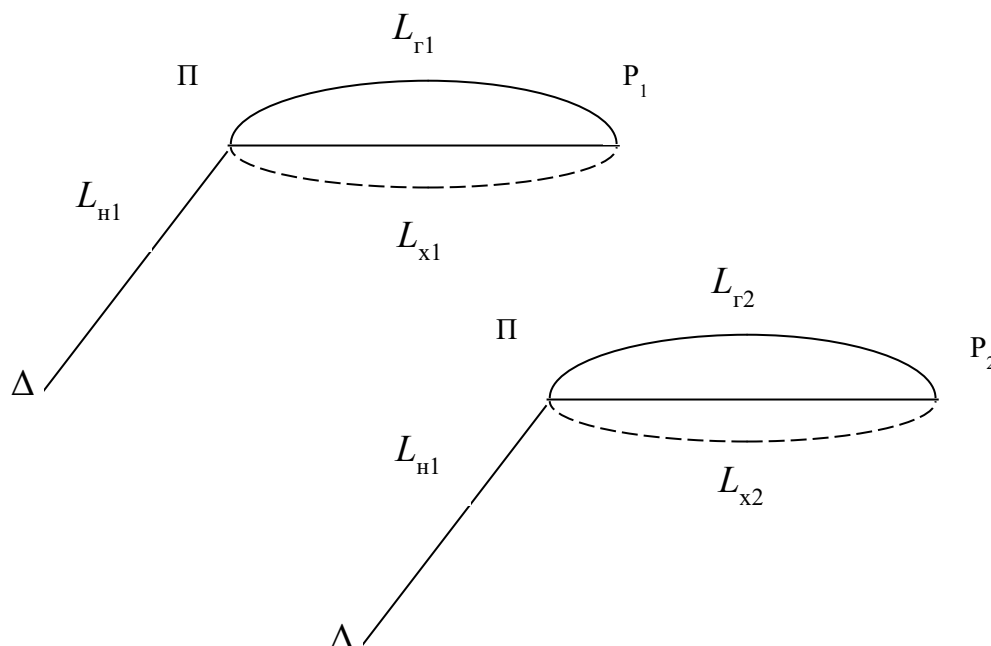


Рисунок – Маятниковые маршруты и нулевые пробеги (второй нулевой равен $L_{x1} (2) + L_{n1}$), Δ – место стоянки
Источник: составлено авторами.

Figure – Pendulum routes and zero runs (the second zero is equal to $L_{x1} (2) + L_{n1}$), Δ – parking place
Source: Compiled by the authors.

$Q_1(Q_2)$ – потребность в грузе соответственно на первом и втором звене развозочного маршрута, т.

Общий пробег автомобиля

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{н1}} + L_{\text{м}} + L_{\text{н2}}. \quad (4)$$

Время в наряде автомобиля фактическое

$$T_{\text{нф}} = \frac{L_{\text{общ}}}{V_{\text{т}}} + t_{\text{пр}} + t_3 \cdot (P - 1). \quad (5)$$

Расчет плановых результатов работы каждого АТС при перевозке груза на отдельном маятниковом маршруте с обратным не груженым пробегом (рисунок) выполним с использованием модели микро АТСПГ, по ниже приведенным формулам (6), (7), (8), (9).

Время ездки АТС на маршруте

$$t_{e,o} = \frac{L_{\text{г}} + L_{\text{х}}}{V_{\text{т}}} + t_{\text{пр}}, \quad (6)$$

где $t_{e,o}$ – время ездки (оборота) АТС на маршруте, ч.;

$V_{\text{т}}$ – средняя техническая скорость, км/ч;

$t_{\text{пр}}$ – время погрузки и разгрузки за ездку, ч.

Выработка АТС в тонно-километрах

$$P_{\text{т.км}} = Q \cdot L_{\text{г}}. \quad (7)$$

Общий пробег АТС при 1-й ездке

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{н1}} + L_{\text{г}} + L_{\text{х}} + L_{\text{н2}}. \quad (8)$$

Время фактическое в наряде при 1-й ездке

$$T_{\text{нф}} = \frac{L_{\text{общ}}}{V_{\text{т}}} + t_{\text{пр}}. \quad (9)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В силу невозможности использования рельсового транспорта к каждому дому единственным средством для перевозки является автомобильный транспорт. Подвижной состав, соответствующий транспортной характеристике угля, – это автомобили и автопоезда общего назначения с кузовом бортовая платформа, а также автомобили и автопоезда с самосвальными кузовами. Способ погрузки – механизированный, могут применяться фронтальные погрузчики на колесном или гусеничном ходу, а также экскаваторы. Могут применяться ленточные погрузчики и бункеры. Разгрузка осуществляется при использовании самосвальных кузовов, с помощью гидро- и электропривода, в случае бортовых кузовов в частном секторе – вручную.

Чтобы величины исходных данных не оказали влияния на последующий результат, примем следующее. Большинство дорог внутри города с твердым покрытием, асфальтовые. Выполним исследование влияния расстояния на затраты при перевозке угля помашинным способом и «развозкой». «Развозка» – рассмотрим решение задачи на примере работы десяти тонного автомобиля МАЗ 5550В5-4420-021 (в кузове поставлен дополнительный борт, делящий кузов пополам), на развозочном маршруте со следующими данными: один пункт погрузки и два пункта разгрузки, перевозимый груз – уголь навалом, плотность угля 0,8 т/м³, норма времени на погрузку угля тракторным одноковшовым погрузчиком емкостью ковша 1 м³ (ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 17 октября 2000 г. N 76 п.3.7.1 таблица 46), 0,048 чел.-ч на 1 м³. Объем груза, перевозимого автомобилем, 12,6 м³, односменный режим работы, городские условия эксплуатации, количество и параметры груза известны заранее и не изменяются, механизированные способы погрузки и разгрузки. Численные значения исходных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1
Исходные данные «развозка»
Источник: составлено авторами.

Table 1
Delivery initial data
Source: compiled by the authors.

Наименование	Значение
Количество отправок, ед.	2,0
Класс груза	1,0
Грузоподъемность q, т	10,0
Объем груза, представленный к перевозке за оборот, Q _о , т	10,0
Объем груза, перевозимый на первом звене, Q ₁ , т	10,0
Объем груза, перевозимый на втором звене, Q ₂ , т	5,0
Первый нулевой пробег L _{н1} , км	10,0
Второй нулевой пробег L _{н2} , км	35,0
Пробег с грузом на первом звене L _{г1} , км	25,0
Пробег с грузом на втором звене (для развозочного) L _{г2} , км	1+24,0
Холостой пробег L _х , км	25,0
Среднетехническая скорость V _т , км/ч	25,0
Время погрузки t _п , ч	0,60
Время разгрузки в одном пункте t _р , ч	0,30
Время на дополнительный заезд в промежуточные пункты t ₃ , ч	0,15

Таблица 2
Результаты расчёта ТЭП «развозка», при $L_{g2} = 1$ км
Источник: составлено авторами.

Table 2
The results of the calculation of technical and economical indexes for delivery when $L_{g2} = 1$ km
Source: compiled by the authors.

Показатели	Значения
Длина маршрута L_m , км	51,0
Время оборота t_o , ч	3,09
Выработка АТС в тоннах Q , т	10,0
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	255,0
Общий пробег (при одном обороте за день) АТС $L_{обш}$, км	71,0
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	3,74

Ограничением организации развозочного маршрута является требование, чтобы время оборота t_o не превышало $T_n = 8$ ч. Результаты расчётов ТЭП представлены в таблице 2.

Минимальному уровню сложности практики перевозок грузов соответствует постановка задачи – на маятниковом маршруте с обратным не груженым пробегом АТС может выполнять единственную езду за оборот, т. е. при $Z_e, o = 1$. Рассмотрим вариант перевозки этих же объемов грузов (см. таблицу 1), но на двух маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом (см. рисунок) пятитонными автомобилями МАЗ 4581N2-520-020. Объем перевозимого груза $6,3$ м³, односторонний грузопоток, уголь, груз первого класса, $0,048$ – норма времени на погрузку угля тракторным одноковшовым погрузчиком, емкость ковша 1 м³ (ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 17 октября 2000 г. N76 п.3.7.1 таблица 46), чел.-ч; односменный режим работы, городские условия эксплуатации, количество и параметры груза известны заранее и не изменяются, механизированный способ разгрузки. Дополнительные к таблице 1 значения исходных данных представлены в таблице 3.

Результаты расчёта по модели микро АТ-СПГ представлены в таблицах 4, 5. Результаты таблицы 5 получены методом прямого счета, суммированием.

Подведем итог: для перевозки 10 т угля на двух маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом на практике работа выполняется в течение дня, исход первый – работа выполняется одновременно двумя АТС, результаты в таблице 5.

Таблица 3
Дополнительные исходные данные
Источник: составлено авторами.

Table 3
Additional input compiled by the authors.
Source: Compiled by the authors.

Наименование	Значение
Количество отправок, ед.	1,0
Класс груза	1,0
Грузоподъемность каждого АТС q , т	5,0
Пробег с грузом на втором маршруте L_{g2} , км	25,0
Коэффициент статического использования грузоподъемности, γ	1,0
Первый нулевой пробег L_{n1} , км	10,0
Второй нулевой пробег L_{n2} , км	10,0
Коэффициент использования пробега β_e, o	0,5
Среднетехническая скорость V_t , км/ч	25,0
Время погрузки АТС t_p , ч	0,29
Время разгрузки АТС t_r , ч	0,15

Таблица 4
Результаты расчёта ТЭП на каждом маятниковом маршруте
Источник: составлено авторами.

Table 4
Technical and economical indexes calculation results on each pendulum route
Source: Compiled by the authors.

Показатели	Значения
Длина маршрута, км	50,0
Время езды $t_{e,o}$, ч	2,44
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	125,0
Общий пробег (при одном обороте за день) АТС $L_{обш}$, км	70,0
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	3,24

Таблица 5
Суммарные результаты ТЭП на маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом
Источник: составлено авторами.

Table 5
Total results of technical and economical indexes on pendulum routes with reverse unloaded mileage
Source: Compiled by the authors.

Показатели	Значения	
	1-й маршрут	2-й маршрут
Выработка АТС в тоннах Q , т	5,0	5,0
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	125,0	125,0
Общий пробег АТС $L_{обш}$, км	70,0	70,0
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	3,24	3,24
Потребность в АТС	1,0	1,0

Исход 2 – достаточно работы одного самосвала, в этом случае на первом маршруте нулевой пробег второй не выполняется, а на втором маршруте не выполняется первый нулевой пробег. Общий пробег $140-20=120$ км. Суммарное время в наряде $6,2-0,8=5,4$ ч. Для дальнейших расчетов принимаем исход 2.

Перевозка одним АТС 10 т угля на развозочном маршруте: общий пробег 71 км, суммарное время в наряде 3,74 ч (см. таблицу 2).

Предположим грузополучатель Р2 удаляется с шагом в 3 км. Тогда на развозочном маршруте будет увеличиваться звено Lr2, последовательно принимая значения, равные 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 км, с таким же шагом будет возрастать холостой пробег: 28, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49 км. На маятниковом маршруте № 2 будет увеличиваться пробег с грузом второй, а также холостой пробег, последовательно принимая значения, равные 28, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49 км. Расчеты выполняются аналогично вышеприведенным, результаты в таблицах 6 и 7.

Расчет затрат выполнен на основе нормативного подхода²⁰ и программно-математического обеспечения по расчету затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем²¹, в соответствии с Инструкцией по составу, учету и калькулированию затрат, включаемых в себестоимость перевозок (работ, услуг) предприятий автомобильного транспорта: утв. Минтрансом РФ 29 августа. 1995 г // ИПО ГАРАНТ-Максимум / НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ». – Дата обновления: 01.07.2021, организационно правовая форма предприятия – ООО. Результаты расчетов затрат представлены в таблице 8.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осмысление результатов исследования дает основания предположить, что установлено преобладание применения «развозочной» технологии в рассматриваемых условиях. Для ООО, оказывающего услуги населению по перевозке угля в городе, несомненно выгодно применение «развозки», поскольку это позволяет «экономить» собственные затраты на

Таблица 6
Развозочный маршрут
Источник: составлено авторами.

Table 6
Delivery route
Source: Compiled by the authors.

Lr ₂ , км	Lx, км	Lm, км	te, о, ч	Лобщ, км	Тнф, ч
4	28	57	3,33	77	3,98
7	31	63	3,57	83	4,22
10	34	69	3,81	89	4,46
13	37	75	4,05	95	4,70
16	40	81	4,29	101	4,94
19	43	87	4,53	107	5,18
22	46	93	4,77	113	5,42
25	49	99	5,01	119	5,66

Таблица 7
Второй маятниковый маршрут
Источник: составлено авторами.

Table 7
Second pendulum route
Source: Compiled by the authors.

Lr2, км	Lx, км	Lm2, км	te, о, ч
28	28	56	3,48
31	31	62	3,72
34	34	68	3,96
37	37	74	4,20
40	40	80	4,44
43	43	86	4,68
46	46	92	4,92
49	49	98	5,16

оказание услуг, в рамках рассмотренного примера экономия составляет от 36,17 до 25,82% за езду на развозочном маршруте, в диапазоне расстояния между пунктами разгрузки от 1 км до 24 км.

Итак, исследование завершено, установлено преимущество «развозочной» технологии перевозок угля перед помашинной, в заданных условиях. Тогда цель достигнута, чему способствовали корректные постановки озвученных ранее задач.

²⁰ Юрьева Н. И., Витвицкий Е. Е. (2015) Электронная база данных «Справочные и нормативные материалы по автомобильному транспорту»/ Свидетельство о регистрации электронного ресурса № ОФЭРНиО: 20930 Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 05 (72):66.

²¹ Юрьева Н. И., Витвицкий Е. Е. (2015) Программно-математическое обеспечение «Расчет затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем». Свидетельство о регистрации электронного ресурса № ОФЭРНиО: 21011 Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 06 (73).

Таблица 8

Результаты расчетов для сравнения (М – маятниковые, Р – развозочные)

Источник: составлено авторами.

Table 8

Calculation results for comparison (M – pendulum, P – delivery)

Source: compiled by the authors.

Общий пробег (L общ), км				Фактическое время в наряде (Тнф), ч				Полная себестоимость (З пер.), руб. /т			
М	Р	ΔL общ, км	ΔL общ, %	М	Р	$\Delta T_{нф}$, км	$\Delta T_{нф}$, %	М	Р	ΔZ пер. руб.	ΔZ пер, %
120	71	49	40,83	5,68	3,74	1,94	34,15	680,19	434,11	246,08	36,17
126	77	49	38,89	5,92	3,98	1,94	32,77	687,67	448,93	238,74	34,72
132	83	49	37,12	6,16	4,22	1,94	31,49	710,19	474,31	235,88	33,21
138	89	49	35,51	6,40	4,46	1,94	30,31	732,81	499,40	233,41	31,85
144	95	49	34,03	6,64	4,70	1,94	29,22	755,32	525,05	230,27	30,49
150	101	49	32,67	6,88	4,94	1,94	28,2	778,14	550,82	227,32	29,21
156	107	49	31,41	7,12	5,18	1,94	27,25	800,85	576,51	224,34	28,01
162	113	49	30,25	7,36	5,42	1,94	26,36	823,87	602,33	221,54	26,89
168	119	49	29,17	7,60	5,66	1,94	25,53	847,00	628,27	218,73	25,82

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кабанец Д. Ю., Витвицкий Е. Е. Методика обоснования применения технологий перевозок грузов на радиальных маршрутах в городах // Вестник СибАДИ. 2014. № 2(36). 2014. С. 18–25.
2. Ключев Э. А., Войтенков С. С. Практика автоперевозок грузов помашинными отправлениями в городах // Техника и технологии строительства. 2016. № 4 (8). С.27–29.
3. Кочерга В. Г., Зырянов В. В. Планирование и организация грузовых автомобильных перевозок на улично-дорожной сети мегаполисов // Инженерный вестник. 2012. <http://www.cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-i-organizatsiya-gruzovyh-avtomobilnyh-perevozok-na-ulichno-dorozhnoy-seti-megapolisov> (Свободный: 05.01.2022)
4. Атрохов Н. А., Мороз Д. Г. Альтернативные технологии перевозок мелких партий грузов // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. С. 92–100.
5. Куш Е. И., Галкин А. С., Фиялко Н. А. Планирование транспортного процесса перевозки грузов в условиях города (на примере города Харькова) // Коммунальне господарствоміст ..., 2016 http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21

COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/kgm_tech_2016_132_18.pdf (Свободный: 05.01.2022).

6. Пугачёв И. Н., Куликов Ю. И. Инновационные концепты транспортного развития городов // Техника и технология транспорта. 2019. № 13. С. 65. <http://transport-kgasu.ru/files/N13-65RTS19.pdf> (Свободный: 05.01.2022)

7. Дирко С. В., Павлова И. С. Логистические решения в смарт-городах // Логистические системы в глобальной экономике. 2018 № 8. 2018. С.115–118. https://elibrary_35425377_72145211.pdf (Свободный: 05.01.2022).

8. Ярещенко Н. В., Жирякова Я. Ю. Современное состояние мелкопартионных перевозок. Проблематика совершенствования // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. №1/7 (43). 2010. С.4–6. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-melkopartiionnyh-perevozok-problematika-sovshenstvovaniya> (Свободный: 05.01.2022)

9. Xiangyang, X., Gao, J., Cao, GY. et al. Systems Analysis of Coal Production and Energy-Water-Food Security in China. *Cybern SystAnal* 51, 370–377 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10559-015-9729-6> (accessed: 05.01.2022).

REFERENCES

1. Kabanec D.J., Vitvickij E. E. Metodika obosnovanija primeneniya tehnologij perevozok грузов na radial'nyh marshrutah v gorodah [Methodology for justifying the use of cargo transportation technologies on radial routes in cities]. *Vestnik SibADI*. 2014; 2, pp.18-25. (in Russ.)
2. Kljuev Je. A., Vojtenkov S. S. Praktika avtoperevozok грузов pomashinnymi otpravkami v gorodah [The practice of road transportation of goods by car shipments in cities]. *Tehnika i tehnologii stroitel'stva*. 2016; 4 (8): 27-29. (in Russ.)
3. Kocherga V. G., Zyrjanov V. V. Planirovanie i organizacija gruzovyh avtomobil'nyh perevozok na ulichno-dorozhnoj seti megapolisov [Planning and organization of road freight transportation on the road network of megacities]. *Inzhenernyjvestnik*. 2012. Available at: <http://www.cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-i-organizatsiya-gruzovyh-avtomobilnyh-perevozok-na-ulichno-dorozhnoj-seti-megapolisov> (accessed: 05.01.2022)
4. Atrohov N. A., Moroz D. G. Al'ternativnye tehnologii perevozok melkih partij грузов [Alternative technologies for the transportation of small consignments of goods]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2017: 92-100. (in Russ.)
5. Kush E. I., Galkin A. S., Fijalko N. A. Planirovanie transportnogo processa perevozki грузов v usloviyah goroda (na primere goroda Har'kova) [Planning of the transportation process of goods in the city (using the example of the city of Kharkov)]. *Komunal'ne gospodarstvo mist*. 2016. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/kgm_tech_2016_132_18.pdf (accessed: 05.01.2022) (in Russ.)
6. Pugachjov I. N., Kulikov Ju. I. Innovacionnye koncepty transportnogo razvitija gorodov [Innovative Urban Transport Concepts]. *Tehnika i tehnologija transporta*. 2019; S13: 65 p. Available at: <http://transport-kgasu.ru/files/N13-65RTS19.pdf> (accessed: 05.01.2022).
7. Dirko S. V., Pavlova I. S. Logisticheskieresheniya v smart-gorodah, Logisticheskiesistemy v global'noj [Logisticheskieresheniya v smart-gorodah. Logisticheskie sistemy v global'noj economy. 2018; 8: 115-118. Available at: <http://www.elibrary.ru> (accessed: 05.01.2022) (in Russ.)
8. Jareshhenko N. V., Zhirjakova Ja. Ju. Sovremennoe sostojanie melkopartionnyh perevozok. Problematika sovershenstvovanija [Current state of melkopartionny transportations. Improvement perspective]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*.

2010; 1/7 (43): 4-6. Available at: <http://www.cyberleninka.ru> (accessed: 05.01.2022) (in Russ.)

9. Xiangyang X., Gao, J., Cao, GY. et al. Systems Analysis of Coal Production and Energy-Water-Food Security in China, 2015, *CybernSyst Anal* 51. pp. 370–377. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10559-015-9729-6> (accessed: 05.01.2022).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Витвицкий Е. Е. Формирование направления, цели и задач исследования, теоретических положений, использования математических моделей и методов, результатов исследований в части определения пределов применения помашинной и развозочной технологий при перевозке угля автомобильным транспортом на примере города.

Юрьева Н. И. Расчет результатов работы автомобиля и затрат при применении помашинной и развозочной технологий при перевозке угля на примере города.

Тажигулова Г. О. Обзор и анализ теоретических представлений, и особенностей математического моделирования автотранспортных систем перевозок грузов в городах.

Курымбаев С. Г. Анализ исследований отечественных и зарубежных авторов в части планирования процесса перевозки грузов в условиях города.

Байгожина П. У. Анализ исследований отечественных и зарубежных авторов в части применяемых технологий перевозки угля мелкими партиями в городах.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Evgeny E. Vitvitsky. Formation of the area, goals and objectives of the study, theoretical provisions, use of mathematical models and methods, research results in terms of determining the limits for the use of machine and delivery technology when transporting coal by road in the case of a city.

Natalya I. Yurieva. Calculation of the results of the automobile work and costs when using machine and delivery technologies when transporting coal in the case of a city.

Gulmira O. Tazhigulova. Review and analysis of theoretical ideas and peculiarities of mathematical modelling of motor transport systems of cargo transportation in cities.

Sayat G. Kurymbaev. Analysis of Russian and foreign authors studies in terms of planning the transport process of cargo transportation in the city.

Perizal U. Baigozhina. Analysis of Russian and foreign authors studies in terms of the applied technologies of coal transportation in small shipments in cities.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Витвицкий Евгений Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте».

Юрьева Наталья Ивановна – старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте».

Тажигулова Гульмира Олжабаевна – д-р пед. наук.

*Курымбаев Саят Гайниевич – д-р пед. наук, доц.
Байгожина Перизал Увалиевна – магистр.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeny E. Vitvitsky – Dr. of Sci., Professor, Head of the Transport Organisation and Management Department Transportation.

Natalya I. Yurieva – Senior Lecturer of the Transport Organisation and Management Department Transportation.

Gulmira O. Tazhigulova – Dr. of Sci.

Sayat G. Kurymbaev – Dr. of Sci., Associate Professor.

Perizal U. Baigozhina – Master.