

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-314

EDN: NAPHQW

УДК 656.1



Научная статья | Управление процессами перевозок

АЛГОРИТМ ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, В.М. Плаксунова

Аннотация

В данной статье авторы рассматривают оптимизацию маршрутной сети и подвижного состава для обеспечения экологической безопасности (на примере г. Краснодар). Для улучшения экологической ситуации на исследуемых объектах проведен анализ и сделан вывод, что внедрение «умных перекрестков» положительно скажется: время проезда снизится, а средняя скорость проезда данного отрезка увеличится, за счет этого количество вредных выбросов от транспорта общего пользования снизится. Авторами предложено мероприятие по замене подвижного состава на электробусы, что позволит снизить выбросы отработавших газов, исходя из проведенных анализов и сделанных расчетов.

Авторами разработан алгоритм выбора мероприятий по повышению экологической безопасности транспортных потоков путем воздействия на маршрутную сеть пассажирского транспорта общего пользования.

Цель – оптимизация маршрутной сети для обеспечения экологической безопасности (на примере г. Краснодар)

Метод и методология проведения работы. В статье использовались синтез, статистический анализ.

Результаты. Был проведен анализ существующей маршрутной сети, изучены методы повышения экологической безопасности и предложены мероприятия, такие как увеличение расстояния между остановками, внедрение «умных перекрестков» и замена устаревшего подвижного состава на электробусы.

Область применения результатов: научно-исследовательская деятельность по улучшению маршрутов общественного транспорта для повышения его эффективности и доступности со снижением выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ через внедрение экологически чистых транспортных средств.

Ключевые слова: экологическая безопасность; городской пассажирский транспорт; маршрутная сеть; «умный перекресток»; маршруты пассажирского транспорта; подвижной состав

Для цитирования. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Плаксунова В.М. Алгоритм выбора мероприятий по повышению экологической безопасности транспортных потоков // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 4. С. 83-99. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-314

Original article | Transportation Process Management

ALGORITHM FOR SELECTING EVENTS TO INCREASE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF TRAFFIC FLOW

T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, V.M. Plaksunova

Abstract

In this article, the authors consider the optimization of the route network and rolling stock to ensure environmental safety (using the city of Krasnodar as an example). To improve the environmental situation at the sites under study, an analysis was conducted and a conclusion was made that the introduction of “smart intersections” will have a positive effect: travel time will decrease, and the average speed of travel along this section will increase, due to which the amount of harmful emissions from public transport will decrease. The authors proposed an event to replace the rolling stock with electric buses, which will reduce exhaust emissions, based on the analyses and calculations made.

The authors developed an algorithm for selecting measures to improve the environmental safety of traffic flows by influencing the route network of public passenger transport.

Purpose. Optimization of the route network to ensure environmental safety (using the city of Krasnodar as an example).

Materials and methods. The article used statistical analysis, synthesis.

Results. The existing route network was analyzed, methods for improving environmental safety were studied, and measures were proposed, such as increasing the distance between stops, introducing “smart intersections” and replacing outdated rolling stock with electric buses.

Scope of application of the results: research activities to improve public transport routes to increase their efficiency and accessibility with a reduction in carbon dioxide emissions and other pollutants through the introduction of environmentally friendly vehicles.

Keywords: environmental safety; urban passenger transport; route network; “smart intersection”; passenger transport routes; rolling stock

For citation. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Plaksunova V.M. Algorithm for Selecting Events to Increase the Environmental Safety of Traffic Flow. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 4, pp. 83-99. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-314

Современный город – это особая экосистема, учитывающая формы социального участия жителей. Одним из ключевых элементов «умного» города является транспортная система, а точнее система, обеспечивающая мобильность населения. Концепция обеспечения «бесшовной» мобильности заключается в совместном использовании инфокоммуникационных технологий и интернета. Информация онлайн поступает от граждан или общественных устройств и анализируется в центре организации движения.

Вопросам развития транспортных систем городов посвящено достаточно много исследований. Как правило, больше внимания авторы уделяют показателям качества транспортного обслуживания населения, которые влияют на транспортно-эксплуатационные показатели подвижного состава, а также моделированию характеристик транспортных потоков и управлению дорожным движением.

При всей важности транспортно-дорожного комплекса городов, как неотъемлемого элемента экономики, необходимо учиты-

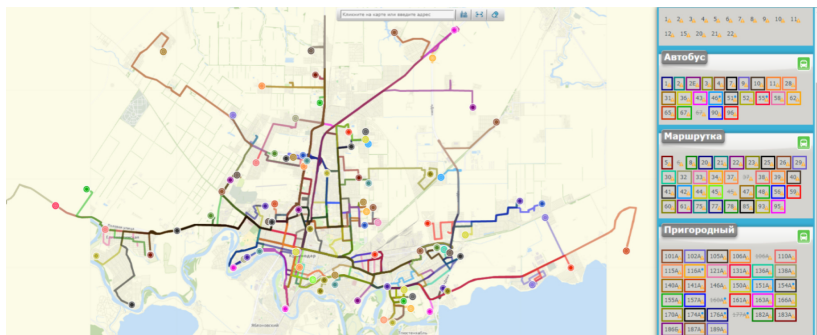
вать его весьма значительное негативное воздействие на природные экологические системы.

В связи с вышеизложенным предлагается рассмотреть возможность применения ESG-принципов при оперативном и стратегическом планировании изменений транспортной системы «умного» города для его устойчивого развития. Целью исследования является оптимизация маршрутной сети для обеспечения экологической безопасности (на примере г. Краснодар). Для этого необходимо: проанализировать маршрутную сеть; изучить методы повышения экологической безопасности; выбрать объект исследования; оценить возможные мероприятия по повышению экологической безопасности маршрутной сети.

Городская транспортная система включает в себя маршруты различных транспортных средств, таких как метро, трамвай, троллейбус и автобус. Автобус является самым популярным видом общественного транспорта и в ряде городов служит единственным средством для перевозки пассажиров. В крупных мегаполисах разумно использовать весь спектр городского транспорта, обеспечивая координацию и распределение функций между ними с учетом оптимального использования, основанного на грузоподъемности и стоимости перевозок.

Маршрутная сеть на примере г. Краснодар представлена на рисунках 1-2.

Основные требования, предъявляемые к городской маршрутной системе, – это обеспечение для пассажиров минимального количества пересадок при одной поездке и наименьшие затраты времени на одну поездку в любом направлении города. Эти показатели косвенно способствуют уменьшению негативного влияния транспорта на природу, поскольку сокращение необходимости пересадок и времени в пути, как правило, ведёт к снижению требуемого количества подвижного состава. Это указывает на возможность работы автобусов в наиболее эффективном режиме, что, в свою очередь, позволяет снизить расход топлива и смазочных материалов, а также уменьшить выбросы вредных веществ в выхлопных газах.



ул. Октябрьская. Но также они имеют ряд различий, таких как выделенная полоса, количество полос и др.

По улице Красной проходит 22 автобусных маршрута и 1 троллейбусный. Схема маршрутов, проходящих по улице Красная представлена на рисунке 3.

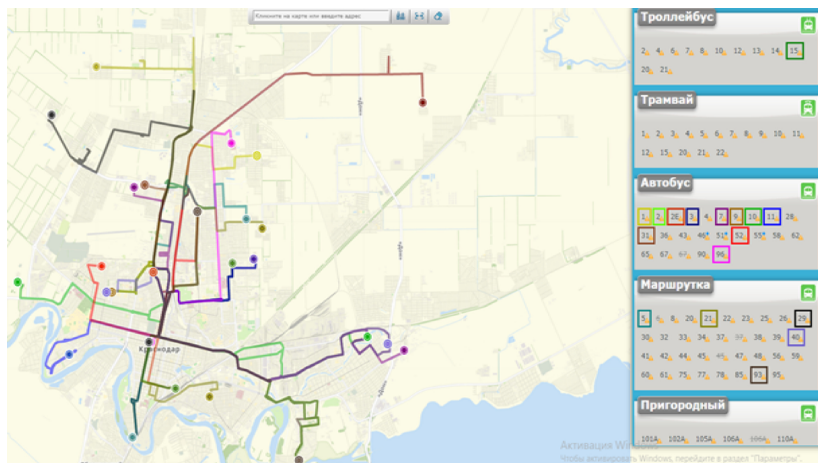


Рис. 3. Схема маршрутов, проходящих по улице Красная

Вторым объектом является улица Октябрьская. Улица Октябрьская расположена в Западном внутригородском округе Краснодара и проходит от улицы имени Красина до улицы Северной. Длина этой дороги составляет приблизительно 3,15 километра. Улица была занесена в официальную базу адресных объектов 5 ноября 1920 года.

По улице Октябрьской проходит 20 автобусных маршрутов и 6 троллейбусов. Также по улице Октябрьской имеется выделенная полоса для движения транспорта общего пользования. В дальнейших исследованиях будут сравниваться две улицы для движения транспорта общего пользования с выделенной полосой и без неё. Схема маршрутов, проходящих по улице Октябрьская представлена на рисунке 4.

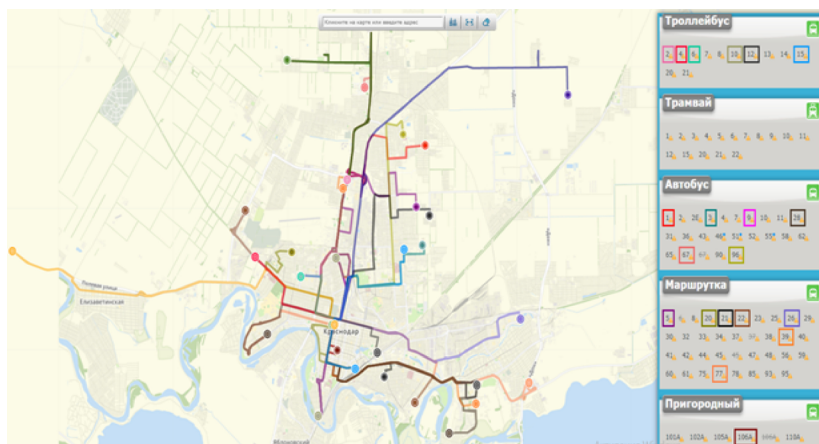


Рис. 4. Схема маршрутов, проходящих по улице Октябрьская

Как видно из анализа, исследуемые улицы проходят через центр города Краснодар. По данным улицам проходят многочисленные автобусные маршруты, которые наносят колоссальный вред окружающей среде, а также вред и дискомфорт людям передвигающихся в центре по делам, по каким-либо обстоятельствам. На примере описанных участков маршрутной сети г. Краснодара апробируем алгоритм выбора мероприятий по повышению экологической безопасности транспортных потоков путем воздействия на маршрутную сеть пассажирского транспорта общего пользования (рисунок 5).

Алгоритм, представленный на рисунке 5, адаптирован для конкретного объекта исследования. В случае изменения количества и номенклатуры сравниваемых мероприятий, возможно изменение количества последовательных блоков алгоритма.

Рассмотрим влияние на снижение экологического воздействия транспорта следующих мероприятий:

- увеличение расстояния между остановочными пунктами;
- оснащение пересечений «умными» светофорами;
- замена подвижного состава.

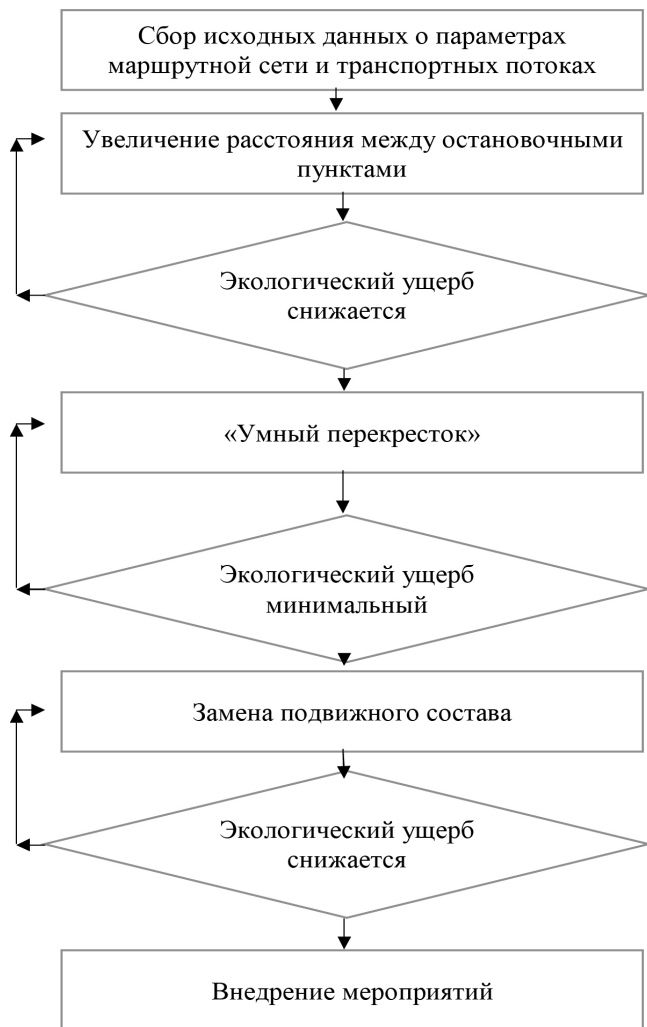


Рис. 5. Алгоритм выбора мероприятий по повышению экологической безопасности транспортных потоков путем воздействия на маршрутную сеть пассажирского транспорта общего пользования

Средняя расчетная скорость сообщения для каждого варианта по ул. Октябрьская представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Средняя скорость сообщения на отрезке

Показатель	Без изменений	«Умные перекрестки»	Без светофоров
1	2	3	4
S, км	1,5	1,5	1,5
t, ч	0,16	0,14	0,13
V _{ср} , км/ч	9,375	10,71	11,5

Из таблицы 1 видно, что при введении мероприятия «Умные перекрестки», время проезда снижается, а средняя скорость проезда данного отрезка увеличивается. Зная среднюю скорость сообщения для каждого из трех вариантов по ул. Октябрьская и интенсивность движения, можем рассчитать количество вредных выбросов от транспорта общего пользования. Расчеты представлены на рисунке 6.

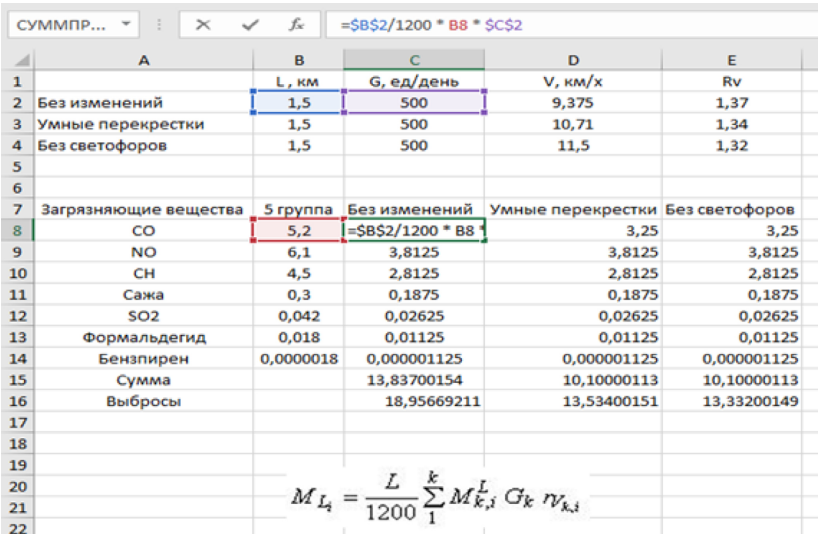


Рис. 6. Пример расчета выбросов

Можно сделать вывод, что введение мероприятия по внедрению «умных перекрестков» позволит улучшить экологическую ситуацию на данном участке дороги за счет увеличения скорости

сообщения и уменьшения простоя транспорта общего пользования на перекрестках.

Также можно посчитать снижение задержек на регулируемых и нерегулируемых перекрестках по ул. Октябрьская. Они снизятся на 15% и будут на 2,25 секунды меньше, чем было. Время задержки на каждом перекрёстке составит 12,5 секунд, а в общем на отрезке по ул. Октябрьская можно будет сэкономить транспорту общего пользования 1 минуту 30 секунд.

Рассмотрим более подробно изменение экологического воздействия на окружающую среду при замене подвижного состава. Большинство подвижного состава, движущегося по ул. Красная и ул. Октябрьская, являются уже устаревшими, которые наносят значительный вред окружающей среде от отработавших газов, шума и лишь 10 % являются электрическим транспортом.

Предлагается заменить подвижной состав на электробусы. Интенсивность движения транспорта общего пользования по ул. Красная и ул. Октябрьская за один час в одном направлении представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Интенсивность движения

Улица	Автобусные маршруты	Троллейбусы	Всего
Октябрьская	56	29	85
Красная	75	5	80

Рассчитаем выбросы для 1 км дороги по которой проедут 100 единиц транспорта общего пользования. Пример расчётов представлен на рисунке 7.

Из расчетов видно, что выбросы составят 2,454 г/км. И это всего лишь на 1 км дороги 100 единиц транспорта общего пользования. А по ул. Красная и ул. Октябрьская проходит около 20-25 автобусных маршрутов, каждый из которых делает по несколько десятков рейсов. Замена подвижного состава позволит снизить выбросы отработавших газов.

E11

	A	B	C	D	E
1		L, км	G, ед/день	V, км/ч	Rv
2	Автобус	1	100	10	1,35
3					
4					
5					
6					
7	Загрязняющие вещества	5 группа	Атобус		
8	CO	5,2	0,433333333		
9	NO	6,1	0,508333333		
10	CH	4,5	0,375		
11	Сажа	0,3	0,025		
12	SO2	0,042	0,0035		
13	Формальдегид	0,018	0,0015		
14	Бензпирен	0,0000018	0,00000015		
15	Сумма		1,818000203		
16	Выбросы		2,454300273		
17					
18					
19					
20	$M_{L_i} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L G_k r_{v_{k,i}}$				
21					
22					

Рис. 7. Расчет выброс на 1 км дороги

В настоящее время охрана окружающей среды представляет собой одну из самых насущных и глобальных проблем человечества. Причина этого в быстром росте транспортной системы, особенно в крупных мегаполисах. Решение этой задачи требует комплексного подхода, который должен охватывать как этап производства автомобилей, так и этап их использования. Снижение экологического воздействия автотранспорта на экосистему городов требует значительных финансовых вложений. Следует разработать и внедрить экономические инструменты, которые будут способствовать покупкам и использованию экологически безопасных транспортных средств, а также привлечению инвестиций для их производства.

Список литературы

1. Анализ маршрутной сети Г. Краснодара / Т. В. Коновалова, А. Е. Арешкина, С. В. Коцурба, С. Л. Надирян // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2021. № 3. С. 46-50.
2. Изюмский А. А. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения / А. А. Изюмский, И. С. Сенин. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2018. 183 с.
3. Коновалова Т. В. Экологическая ситуация в Краснодаре / Т. В. Коновалова, А. Ю. Иноземцева // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции, Краснодар, 29–30 октября 2020 года. Краснодар: ООО «Принт Терра», 2020. С. 1081-1083.
4. Котенкова И. Н. Методы повышения экологической безопасности муниципальных образований на примере г. Краснодара / И. Н. Котенкова, С. В. Коцурба // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: Сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Донецк, 25 мая 2022 года / Донецкая академия транспорта. Донецк: Донецкая академия транспорта, 2022. С. 143-146.
5. Котенкова И. Н. Повышение экологической безопасности транспортных потоков в крупных городах / И. Н. Котенкова, И. С. Сенин, А. А. Замбрицкая // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сборник научных статей по материалам шестой международной научно-практической конференции, Краснодар, 21–22 декабря 2023 года. Краснодар: ООО «Принт-Терра», 2024. С. 443-447.
6. Надирян С. Л. Методика оптимизации численности автотранспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2024. 140 с.

7. Надирян С. Л. Экологичность транспортной системы России / С. Л. Надирян, Ф. А. Баглай, Е. Ю. Мысливцева // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2020. № 1. С. 345-352.
8. Надирян С. Л. Maas-мобильность как услуга. Перспективы развития / С. Л. Надирян, И. Н. Котенкова // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12, № 4. С. 41-51. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-41-51>
9. Надирян С. Л. Maas-мобильность как услуга. Перспективы развития / С. Л. Надирян, И. Н. Котенкова // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12, № 4. С. 41-51. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-41-51>
10. Обеспечение экологической безопасности транспортных потоков в городах на примере Г. Краснодара / И. Н. Котенкова, И. С. Сенин, Г. И. Беленков, А. А. Замбржицкая // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Сборник научных трудов по материалам XIX Международной научно-технической конференции, Саратов, 11 апреля 2024 года. Саратов: Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., 2024. С. 198-201.
11. Организация дорожного движения с учетом экологической и экономической составляющей на примере г. Краснодара / А. А. Изюмский, С. Л. Надирян, И. С. Сенин, В. В. Лазаренко // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2021. № 9. С. 173-178. <https://doi.org/10.23672/p6702-6330-4625-d>
12. Повышение эффективности транспортно-логистических процессов за счет оптимизации систем управления транспортных средств / Т. В. Коновалова, Ю. Д. Шевцов, С. Л. Надирян [и др.] // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12, № 4. С. 7-26. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-7-26>
13. Шепелева М. Д. Влияние автомобильного транспорта на экологическую среду Краснодара / М. Д. Шепелева, С. Л. Надирян // Транспортные и транспортно-технологические системы: Матери-

алы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 15 апреля 2021 года / Отв. редактор Н.С. Захаров. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. С. 321-324.

14. Экологические проблемы юга России и пути их решения / Т. В. Коновалова, Л. Б. Миротин, Е. А. Лебедев [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3-5(82). С. 99-107. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-5\(82\)-99-107](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-99-107)
15. Элементы дорожной инфраструктуры и влияние их на безопасность дорожного движения / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян, А. А. Изюмский, С. В. Коцурба // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12, № 2. С. 49-68. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-2-49-68>

References

1. Analysis of the route network of Krasnodar / T. V. Konovalova, A. E. Areshkina, S. V. Kotsurba, S. L. Nadiryan. *Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin)*, 2021, no. 3, pp. 46-50.
2. Iziumskiy A. A. *Methods of ensuring the environmental friendliness of traffic organization schemes* / A. A. Iziumskiy, I. S. Senin. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2018, 183 p.
3. Konovalova T. V. Ecological situation in Krasnodar / T. V. Konovalova, A. Y. Inozemtseva. *Mechanics, equipment, materials and technologies: Electronic collection of scientific articles on the materials of the third international scientific-practical conference, Krasnodar, October 29-30, 2020*. Krasnodar: LLC "Print Terra", 2020, pp. 1081-1083.
4. Kotenkova I. N. Methods of improving the environmental safety of municipalities by the example of Krasnodar / I. N. Kotenkova, S. V. Kotsurba. *Scientific and technical aspects of innovative development of transport complex: Collection of scientific papers on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference, Donetsk, May 25, 2022*. Donetsk: Donetsk Academy of Transport, 2022, pp. 143-146.
5. Kotenkova I. N. Increasing the environmental safety of traffic flows in large cities / I. N. Kotenkova, I. S. Senin, A. A. Zambrzhitskaya. *Mechanics, equipment, materials and technologies: Electronic collec-*

- tion of scientific articles on the materials of the sixth international scientific-practical conference, Krasnodar, December 21-22, 2023. Krasnodar: LLC "PrintTerra", 2024, pp. 443-447.*
6. Nadiryan S. L. Methodology for optimizing the number of vehicles serving regular routes of urban passenger transport: thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences. 2024, 140 p.
 7. Nadiryan, S. L. Environmental friendliness of the Russian transport system / S. L. Nadiryan, F. A. Baglay, E. Yu. Myslivtseva. *Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin)*, 2020, no. 1, pp. 345-352.
 8. Nadiryan S. L. Maas-mobility as a service. Prospects of development / S. L. Nadiryan, I. N. Kotenkova. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 41-51. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-41-51>
 9. Nadiryan S. L. Maas-mobility as a service. Development Prospects / S. L. Nadiryan, I. N. Kotenkova. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 41-51. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-41-51>
 10. Provision of ecological safety of transport flows in the cities on the example of G. Krasnodar / I. N. Kotenkova, I. S. Senin, G. I. Belenkov, A. A. Zambrzhitskaya. *Actual issues of organization of road transportation, traffic safety and operation of vehicles: Collection of scientific papers on the materials of the XIX International Scientific and Technical Conference, Saratov, April 11, 2024. Saratov: Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin*, 2024, pp. 198-201.
 11. Organization of road traffic taking into account the environmental and economic component on the example of Krasnodar / A. A. Iziumskiy, S. L. Nadiryan, I. S. Senin, V. V. Lazarenko. *Humanities, Socio-Economic and Social Sciences*, 2021, no. 9, pp. 173-178. <https://doi.org/10.23672/p6702-6330-4625-d>
 12. Increasing the efficiency of transport and logistics processes by optimizing vehicle control systems / T. V. Konovalova, Y. D. Shevtsov, S. L. Nadiryan [et al.]. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 7-26. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-7-26>

13. Shepeleva M. D. Impact of road transport on the ecological environment of Krasnodar / M. D. Shepeleva, S. L. Nadiryan. *Transport and transport-technological systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Tyumen, April 15, 2021* / Editor-in-Chief N. S. Zakharov. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2021, pp. 321-324.
14. Ecological problems of the south of Russia and ways to solve them / T.V. Konovalova, L.B. Mirotin, E.A. Lebedev [et al.]. *World of Transport and Technological Machines*, 2023, no. 3-5(82), pp. 99-107. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-5\(82\)-99-107](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-99-107)
15. Elements of road infrastructure and their impact on road safety / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan, A. A. Iziumsky, S. V. Kotsurba. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 49-68. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-2-49-68>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Коновалова Татьяна Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспортных процессов и технологических комплексов»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

ул. Московская, 2, г. Краснодар, Краснодарский край, 350072, Российская Федерация

tan_kon@mail.ru

Надирян София Леоновна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

ул. Московская, 2, г. Краснодар, Краснодарский край, 350072, Российская Федерация

sofi008008@yandex.ru

Плаксунова Вероника Михайловна, студент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Московская, 2, г. Краснодар, Краснодарский край, 350072, Российская Федерация
plaksunova173@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatyana V. Konovalova, Candidate of Economics, Associate Professor, Head of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”
Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350072, Russian Federation
tan_kon@mail.ru

Sofiya L. Nadiryan, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of the “Transport Processes and Technological Complexes”
Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350072, Russian Federation
sofi008008@yandex.ru

Veronika M. Plaksunova, Student of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”
Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350072, Russian Federation
plaksunova173@gmail.com

Поступила 13.11.2024

После рецензирования 20.11.2024

Принята 05.12.2024

Received 13.11.2024

Revised 20.11.2024

Accepted 05.12.2024