

УДК: 625.71
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.27
EDN: VNNCKW



Оценка качества транспортного обслуживания при различных видах передвижения в городах

Д.С. Мартяхин^{1,2}, Т.К. Комарова^{1,2}, П.И. Поспелов^{1,2}

¹ Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ),
г. Владикавказ, Российская Федерация

² Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* В Российской Федерации сегодня нет единой методики, позволяющей оценивать качество транспортного обслуживания наземного общественного транспорта и пешеходного движения. Такая методика необходима для обоснованного определения спроса на поездки, что позволит проводить выбор наиболее эффективных мероприятий по развитию транспортной системы. Цель работы заключается в исследовании критериев качества транспортного обслуживания при передвижении пешком и на наземном общественном транспорте. Задачами исследования являются: создание метода оценки условий пешеходного движения и движения на наземном общественном транспорте для учета при проектировании улично-дорожной сети.

Результаты. В работе представлены результаты исследований характеристик движения пешеходов и наземного общественного транспорта. По результатам социологического опроса определены критерии оценки качества транспортного обслуживания. Предложена модель оценки уровня удобства движения. Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Выводы. Применение многофакторной модели определения уровня удобства движения пешеходов и наземного общественного транспорта более полно отразит восприятие пользователями условий их движения, что позволит обоснованно подходить к оценке качества транспортного обслуживания на улично-дорожной сети городов.

Ключевые слова: пешеходное движение, наземный общественный транспорт, уровень удобства движения, качество транспортного обслуживания, эффективность работы улично-дорожной сети

Для цитирования: Мартяхин Д.С., Комарова Т.К., Поспелов П.И. Оценка качества транспортного обслуживания при различных видах передвижения в городах // Известия КГАСУ, 2024, № 4(70), с. 306-314, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.27, EDN: VNNCKW

Assessment of the quality of transport services for different kinds of travel in cities

D.S. Martyakhin², T.K. Komarova², P.I. Pospelov²

¹ North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (STU), Vladikavkaz, Russian Federation

² Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* There is currently no single methodology in the Russian Federation that allows assessing the quality of transport services for transit and pedestrian traffic. Such a methodology is necessary to reasonably determine the demand for travel, which will allow for the selection of the most effective measures for the development of the transport system. The purpose of the work is to study the criteria for the quality of services when traveling on foot and on transit.

The objectives of the study are: to create a method for assessing the conditions of pedestrian traffic and traffic on transit for consideration in the design of the road network.

Results. The paper presents the results of research on the characteristics of pedestrian traffic and transit. Based on the results of a sociological survey, criteria for assessing the quality of services were determined. A model for assessing the level of convenience of movement is proposed. A comparative analysis of the obtained results is carried out.

Conclusions. The application of a multifactorial model for determining the level of convenience of pedestrians and transit will more fully reflect the perception of users of their traffic conditions, which will allow a reasonable approach to assessing the quality of services on the urban road network.

Keywords: pedestrian traffic, transit, level of travel convenience, quality of transport services, efficiency of the road network

For citation: Martyakhin D.S., Komarova T.K., Pospelov P.I. Assessment of the quality of services for different mobility in cities // News of KSUAE, 2024, № 4(70), p. 306-314, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.27, EDN: VNNCKW

1. Введение

Для более полного и всестороннего анализа эффективности работы улично-дорожной сети необходимо учитывать всех участников движения. Это способствует более точной оценке качества транспортного обслуживания путем равного отношения ко всем пользователям [1]. Эффективность пешеходной инфраструктуры должна заключаться в эмотивной (или эмоциональной) и физической безопасности. Для этого необходимо минимизировать потенциальные конфликты с автомобильным транспортом, а также, учитывать качественный уровень передвижения [2, 3, 4].

Наиболее распространенный метод определения уровня удобства движения пешеходов в мировой практике – это количественный метод, описанный в НСМ [5]. Австралийский метод Галлина [6] так же относится к количественной оценке. Основан на трех группах факторов и всего использует 11 факторов с различными весами. Другие количественные методики по оценке восприятия пешеходами условий движения [7, 8, 9] выделяют три категории показателей и используют различные переменные. В наиболее интересных работах [10, 11], в качестве основных параметров также учитывают интенсивность и скорость автомобилей на крайней полосе движения проезжей части. Качественные методики [12, 13] опираются на проведенные обследования участков тротуаров и данные социологических опросов пешеходов с дальнейшим регрессионным анализом и наблюдением в реальном времени. В практике РФ используются методы количественной оценки [14, 15]. Критерием, определяющим уровень удобства движения пешеходов, является плотность. Следует отметить, что в условиях высокой плотности пешеходы оценивают факторы движения, в то время как в условиях свободного движения спектр параметров расширяется [16, 17, 18].

Наземный общественный транспорт (НОТ) оказывает большое влияние на экономическое и социальное развитие городов, предоставляя населению больше возможностей выбора и доступа к различным услугам [19]. Основными задачами общественного транспорта являются: увеличение провозной способности, повышение скорости передвижения, улучшение качества обслуживания и др.

Оценка качества обслуживания системы наземного общественного транспорта является более сложной задачей, чем оценка работы улично-дорожной сети (УДС), поскольку включает в себя множество участников (перевозчики, пассажиры и транспортные средства), а также большое количество факторов (доступность, надёжность работы и т. д.) [20]. В исследовании по оценке работы НОТ [21] выделяют несколько основных категорий: безопасность – комфорт – чистота; информационное обеспечение как в подвижном составе, так и на остановочных пунктах; доступность; производительность подвижного состава в виде загрузки, средней скорости и продолжительности поездки; общие элементы системы (интервалы движения, наличие выделенных полос, тарифы); составные показатели эффективности. В зарубежной практике часто используют

различные индексы доступности HOT [22, 23], которые совершенно не описывают удобство обслуживания и распределение спроса (время в пути и др.). В современной североамериканской практике используется индекс уровня обслуживания общественного транспорта (TLOS) [20, 24, 5], который определяется как доля времени, в течение которого пассажир может воспользоваться услугами. Как видно, в большинстве методик оценка делается с позиции эффективности работы перевозчиков, а не с позиции пользователей, т.е. пассажиров. Вследствие чего, не всегда удастся объективно оценить работу наземного общественного транспорта. Сегодня, органы исполнительной власти несут ответственность за всю услугу по перевозке пассажиров, т.к. они являются ее заказчиком, в том числе в части организации пешеходных подходов и контроля за соблюдением расписания движения [25].

Целью исследования является попытка описать метод, который бы позволил оценивать количество и качество транспортных услуг данного вида передвижений с помощью единого показателя.

Задачами исследования являются: создание метода оценки условий пешеходного движения и движения на наземном общественном транспорте для учета при проектировании улично-дорожной сети.

2. Материалы и методы

Различные группы пешеходов воспринимают качество обслуживания по-разному. Прошлые исследования авторов [26] показали важность учета качественных показателей при определении качества транспортного обслуживания, что позволяет более полно и точно отразить реальные условия в соответствии с восприятием пользователей. Обоснование доли каждой из категорий в окончательную оценку уровня удобства движения (УУД) по результатам социологического опроса с учетом наиболее часто используемых методик для пешеходного движения и для движения на НОТ представлены на рис. 1.

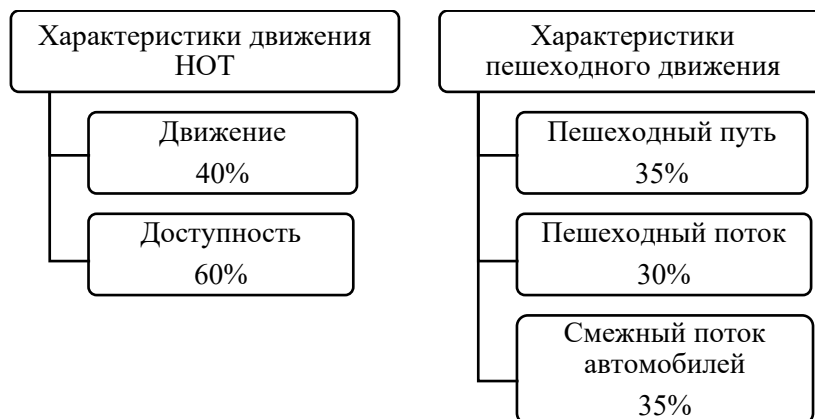


Рис. 1. Категории рассматриваемых критериев и их доли для различных способов передвижения (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Categories of criteria under consideration and their proportions for different modes of transportation (illustration by the authors)

В каждой из категорий выделено от четырех до шести критериев. Эти критерии классифицированы в каждой группе в соответствии с их значимостью. В отношении каждого критерия определены три оценки. Положительное влияние критерия описывается более высоким баллом. Количественные пределы для критерия выбраны на основании нормативов проектирования, структуры улично-дорожной сети и данных социологического опроса [26]. Весовой коэффициент получается путем перемножения доли категории критерия на вес каждого критерия (табл. 1, 2).

Таблица 1

Система оценок при определении УУД для движения НОТ

№№ п/п	Показатель	Баллы			Весовой коэф.
		1	2	3	
1	Продолжительность поездки	> 30 мин	15-30 мин	< 15 мин	2
2	Средняя скорость движения	До 20 км/ч	20-40 км/ч	> 40 км/ч	0,8
3	Протяженность заторов	> 20%	До 20%	Отсутствуют	1,2
4	Задержки в расписании	> 5 мин	До 5 мин	Отсутствуют	2,4
5	Температура в салоне	Жарко/ Холодно	На грани комфорта	Комфортная	0,4
6	Наполнение подвижного состава	Тесно стоять	Свободно стоят	Есть свободные места	1,6
1	Доступность остановок и станций	> 15 мин	5-15 мин	5 мин	3,6
2	Возможность пересадок	Отсутствуют	> 5 мин	< 5 мин	2,4
3	Информация перед поездкой	Отсутствует	Не работает	Есть	1,8
4	Плотность пассажиров на остановке	Выходят за границы	Средняя	Свободная	1,2
5	Часы работы	В часы пик	Ночной перерыв	Круглосуточно	0,6
6	Интервалы движения	> 20 мин	10-20 мин	< 10 мин	3

Таблица 2

Система оценок при определении УУД для пешеходного движения

№№ п/п	Критерий	Баллы			Весовой коэф.
		1	2	3	
1	Ширина тротуара	< 1,5 м	1,4	> 3,0 м	1,4
2	Продольный уклон	> 60 %	1,0	< 20 %	1,0
3	Разнообразие среды	Скудное	0,4	Широкое	0,4
4	Ровность покрытия	Значительное число неровностей	0,7	Неровности отсутствуют	0,7
5	Помехи на пути следования	Значительные	1,2	Отсутствуют	1,2
6	Частота пересечений	< 200 м	0,9	> 400 м	0,9
7	Интенсивность/плотность движения	Высокая	0,6	Низкая	0,6
8	Средняя скорость движения	Низкая	0,3	Высокая	0,3
9	Отделение от проезжей части	Отсутствуют	1,4	> 3,5 м / ограждение	1,4
10	Категория улицы	Магистр.	0,4	Местная	0,4
11	Средняя скорость потока	> 60 км/ч	0,7	< 20 км/ч	0,7
12	Шум	Громкий	1,0	Не заметный	1,0

Численные значения УУД для представленной модели получены путем деления на равные интервалы общей оценки, варьирующей от минимального до максимального значения (табл. 3).

Таблица 3

УУД	Оценка пешеходного движения	Оценка движения НОТ
А	25 – 30	53 – 63
Б	20 – 25	41 – 53
В	15 – 20	31 – 41
Г	10 – 15	21 – 31

3. Результаты и обсуждения

Для достоверности в применимости предложенной модели в условиях городов РФ были проведены исследования параметров движения наземного общественного транспорта, пешеходного и транспортного потоков на улицах г. Москвы, а также исследованы условия движения по тротуарам и в подвижном составе совместно с отражением оценки пользователей. Выборка объектов исследования, различные периоды времени и различные погодные условия позволили охватить большее число критериев и их вариаций. Для удобства сравнения четырехуровневая шкала уровней удобства движения была пересмотрена в шестиуровневую шкалу LOS (табл. 4).

Таблица 4

LOS	A	B	C	D	E	F
Оценка пешеходного движения	27 – 30	24 – 27	20 – 24	16 – 20	13 – 16	10 – 13
Оценка движения НОТ	56 – 63	49 – 56	42 – 49	35 – 42	28 – 35	21 – 28

В процессе наблюдений на одном и том же подвижном составе зафиксирована различная пассажирская нагрузка и условия передвижения, что характерно отразилось на комфорте пассажиров и, соответственно, на их оценках. Участок 1 и 2 относится к маршруту с510. Обследования проведены при солнечной погоде, в вечерний час пик. Информационное табло не работало, на остановочном пункте пассажиры выходят за границы площадки ожидания, создавая помехи пешеходному движению, задержка отправления автобуса составила 5 мин., скорость на подвижном составе варьировалась от 14,4 км/ч до 16,5 км/ч, коэффициент загрузки – 0,61. Участок 3 находился на остановочном пункте «Рижский вокзал», маршрут 418. Обследования участка 4 – остановочный пункт «м. Марьяна Роща», маршрут м53 проводились при переменной облачности и в светлое время суток. Пассажиры свободно друг от друга ожидают автобус, задержек в расписании не наблюдалось, средняя скорость подвижного состава составила 32 км/ч, коэффициент загрузки – 0,46. Участки 5 и 6 относятся к маршрутам с511 и 120 соответственно.

Результаты оценки УУД для НОТ, сравнение с применяемыми в зарубежной практике методиками и сравнение с оценкой пассажиров представлены в таблице 5.

Таблица 5

Методика	Участок маршрута НОТ					
	1	2	3	4	5	6
Предложенная модель	С	D	В	А	С	В
LOS HCM [5]	С	В	А	А	С	В
LOS TCQSM [24]	С	С	А	А	С	В
Оценка пользователей	С	D	В	В	С	В

Следует отметить, что руководство по пропускной способности (HCM) при определении транзитного LOS опирается на подходы, основывающиеся на интерпретации мнения перевозчика. Поэтому ключевыми критериями являются надежность и своевременность. Недостаток методики заключается в том, что нельзя обоснованно подойти к изучению всего пути передвижения пассажира, начиная от ожидания на остановочном пункте и заканчивая процессом перемещения.

Обследования тротуаров проводились на шести участках. Участок 1 находился на Ломоносовском проспекте. Участок 2 – улица Земляной вал, здесь ширина тротуара составила 8,2 м, наблюдалась невысокая интенсивность пешеходного движения – 552 чел./ч, тротуар отделен от проезжей части газоном на расстоянии 3,5 м, а также наблюдалась невысокая интенсивность автомобилей на проезжей части 2474 авт./ч. На Коломенской улице (участок 3) ширина тротуара составила 4,3 м, интенсивность пешеходного движения - 252 чел./ч, тротуар отделен на 9,2 м газоном от проезжей части с низкой интенсивностью движения автомобилей 204 авт./ч. Участок 4 – улица Забелина с низкой интенсивностью движения автомобилей, узким тротуаром и большими продольными уклонами. Участок 6 находился на 1-ом Поперечном проезде с шириной тротуара 5,3 м, очень высокой интенсивностью пешеходного движения 3424 чел./ч., на проезжей части низкая интенсивность движения – 84 авт./ч. Отделения от проезжей части отсутствуют.

Каждый участок оценивался и сопоставлялся с методиками [5, 8, 15]. Результаты сравнения представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты сравнения предложенной модели оценки УУД для пешеходного движения

Методика	Участок тротуара на улице					
	1	2	3	4	5	6
Предложенная модель	C	C	B	D	C	C
МР по мониторингу дорожного движения [15]	A	A	A	A	A	A
HCM 2016 [5]	A	A	A	C	F	A
FDOT [8]	D	D	C	C	B	B

Руководство по пропускной способности (HCM) при определении пешеходного LOS опирается на подходы, аналогичные движению автомобилей. Поэтому ключевыми параметрами являются ширина тротуара и интенсивность движения пешеходов. Методика справочника по уровню обслуживания FDOT не учитывает параметры самого пешеходного движения. А методические рекомендации по мониторингу дорожного движения характеризуют уровни обслуживания ниже «А» только при очень высокой интенсивности движения пешеходов.

4. Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. В Российской Федерации сегодня нет единой методики, позволяющей оценивать качество транспортного обслуживания при движении на НОТ и пешеходном передвижении;
2. Кроме условий движения важную роль играет учет критериев доступности общественного транспорта. Совместное использование критериев доступности и условий поездки при определении уровня удобства движения наземного общественного транспорта позволяет ожидать оценку реальных условий движения на всей цепочке поездки пассажира.
3. Предложенный метод оценки уровня удобства движения наземного общественного транспорта показал хорошую сходимость с зарубежными методиками и с оценкой пассажиров.

4. Несмотря на вариативность значений уровня удобства движения пешеходов в зависимости от выбранного метода, использование модели, учитывающей количественные и качественные критерии позволяет ожидать оценку реальных условий пешеходного движения.
5. Предложенная модель оценки уровня удобства движения пешеходов рассматривает движение пешеходов с учетом трех групп критериев и отражает влияние как геометрических особенностей пешеходного пути, так и влияние самого пешеходного потока, а также потока автомобилей на проезжей части улицы.
6. Применение моделей более полно отразит мнение и особенности движения пешеходов по участкам тротуаров улично-дорожной сети и пассажиров наземного общественного транспорта. Позволит более объективно и точно подходить к назначению основных параметров поперечного профиля улиц на различных стадиях проектирования.

Для окончательной калибровки моделей проводятся исследования с использованием видеолaborатории и регрессионного анализа. Также планируется провести более широкую апробацию предлагаемой оценочной шкалы и достоверность применимости предложенной модели в условиях городов РФ, с учетом уточнения граничных значений каждого из критериев оценки.

Благодарности

Работа подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию (наименование темы научного исследования «Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов»; код научной темы, присвоенной учредителем - FEFG-2024-0005.

Acknowledgements

The work was prepared based on the results of research carried out at the expense of the federal budget according to the state assignment (the name of the research topic "Intelligent management systems for the development of the urban street and road network"; the code of the scientific topic assigned by the founder is FEFG-2024-0005.

Список литературы/References

1. NCHRP Report 616. Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets. // TRB, Washington, DC, 2008.
2. Hubbard S., R. Awwad, and D. Bullock. "New Perspective on Assessing Impact of Turning Vehicles on Pedestrian Level of Service at Signalized Intersections." Presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC (2007).
3. Frazila R.B., Zukhruf F, Simorangkir C.O., Burhani J.T. Constructing pedestrian level of service based on the perspective of visual impairment person // The 2nd Conference for Civil Engineering Research Networks (ConCERN-2 2018). Vol. 270. 2019 DOI: 10.1051/mateconf/201927003009.
4. Пospelov П.И., Мартяхин Д.С., Костин С.В., Немчинов Д.М. Особенности определения показателей пешеходного движения в различных градостроительных условиях // Автомобильные дороги. – 2022. – № 12(1093). – С. 121-123. – EDN OBYCHJ.
P.I. Pospelov, D.S. Martyakhin, S.V. Kostin, D.M. Nemchinov Peculiarities of determining the pedestrian traffic indicators in different urban planning conditions // Automobile roads. - 2022. - № 12(1093). - P. 121-123. - EDN OBYCHJ.
5. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2016.
6. Gallin N. (2001) "Quantifying pedestrian friendliness – guidelines for assessing pedestrian Level of Service", Australia : Walking the 21st Century, Perth, Western Australia
7. Landis B. et al (2001) "Modelling the roadside environment : a pedestrian Level of Service", Transportation Research Record 1773, Transportation Research Board, Washington D.C., P. 82 – 88
8. Quality/Level of Service Handbook 2002, State of Florida, Department of Transportation

9. Jensen S. (2007) "Pedestrian and bicyclist Level of Service on roadway segments", Transportation Research Record 2031, Transportation Research Board, Washington D.C., P. 43 – 51
10. Mozer D. (1997) "Calculating Multi-Mode Levels-of-Service", International Bicycle Fund
11. Jaskiewicz F. (2000) "Pedestrian Level of Service based on trip quality", Transportation Research Circular, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
12. Dowling, R. et al (2008) "NCHRP Web-only Document 128: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets: Users Guide", Appendix D to Final Report of NCHRP Project 3-70 "Multimodal Level of Service for Urban Streets", TRB
13. Tan, D. et al (2007) "Research on methods of assessing pedestrian level of service for sidewalk", Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology 7, P. 74 – 79
14. Чикалина С.Л., Левашев А.Г. Оценка комфортности условий движения пешеходов [Электронный ресурс]. URL: http://transport.istu.edu/downloads/pedes_1.pdf. Chikalina S.L., Levashev A.G. Evaluation of the comfort of pedestrian traffic conditions [Electronic resource]. URL: http://transport.istu.edu/downloads/pedes_1.pdf. (In Russ.)
15. Методические рекомендации по проведению мониторинга дорожного движения. Утверждены распоряжением Минтранса России от 27.12.2022 № АК-337-Р. Methodological recommendations on road traffic monitoring. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. АК-337-R dated 27.12.2022
16. Wahba M. A.; Bridwell, L. G. 1976. Maslow reconsidered: a re- view of research on the need hierarchy theory, Organizational Behavior and Human Performance 15(2): 212–240.
17. Sieben A.; Schumann, J.; Seyfried, A. 2017. Collective phenomena in crowds – where pedestrian dynamics need social psychology, Plos One 12(6): e0177328.
18. Kim S.; Choi, J.; Kim, S.; Tay, R. 2014. Personal space, evasive movement and pedestrian level of service, Journal of Advanced Transportation 48(6): 673–684.
19. Sha Al Mamun, Nicholas E. Lowmes. A Composite Index of Public Transit Accessibility Journal of Public Transportation. Volume 14, Issue 2, April 2011, Pages 69-87
20. Transportation Research Board (2003). Transit Capacity and Quality Service Manual, 2nd ed. TCRP Project 100. Washington, D.C.: National Research Council.
21. Полтавская Ю.О. Качественные характеристики функционирования городского общественного пассажирского транспорта (ГОПТ) // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2015. Т. 1. No 1. С. 260-266. Poltavskaya Yu.O. Qualitative characteristics of the functioning of urban public passenger transport (UPPT) // Collection of scientific papers of Angarsk State Technical University. 2015. V. 1. No 1. P. 260-266.
22. Rood, Timothy. 1997. Local index of transit availability: Riverside County, California case study report. Sacramento: Local Government Commission.
23. Hillman, R., and G. Pool. 1997. GIS-based Innovations for modeling public transport accessibility. Traffic Engineering and Control 38 (10): 554–559.
24. Transportation Research Board (2013). Transit Capacity and Quality Service Manual, 3rd ed. TCRP Report 165. Washington, D.C.: National Academy of Sciences
25. Spirin, I. V. Distribution of Stops in City's Transport Routes / I. V. Spirin, D. V. Enin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January, 10–12, 2022. – Virtual, Online, 2022. – P. 032033. – DOI 10.1088/1755-1315/988/3/032033. – EDN EHKHUL.
26. Komarova T. K., Kostsov A. V., Martyakhin D. S., Pospelov P. I and Mordvin S. S. "Conducting a Survey to Develop a Technique for Assessing the User-Perceived Quality of Transport Services," 2024 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF), St. Petersburg, Russian Federation, 2024, P. 1-6, doi: 10.1109/WECONF61770.2024.10564655.

Информация об авторах

Мартяхин Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник молодежной лаборатории: «Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов» СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Российская Федерация
E-mail: martiakhin@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7322-5049

Комарова Татьяна Константиновна, кандидат технических наук, младший научный сотрудник молодежной лаборатории: «Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов» СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Российская Федерация
E-mail: tatianakkom@gmail.com, ORCID: 0009-0005-5711-4548

Поспелов Павел Иванович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник молодежной лаборатории: «Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов» СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Российская Федерация
E-mail: pospelov@madi.ru, ORCID: 0000-0002-0493-4957

Information about the authors

Dmitry S. Martiakhin, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Senior Research Scientist at the Youth laboratory: "Intelligent management systems for the development of the urban street and road network" SKGMI (GTU), Vladikavkaz, Russian Federation
E-mail: martiakhin@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7322-5049

Tatiana K. Komarova, Ph.D. in Engineering, Junior Research Scientist at the youth laboratory: "Intelligent management systems for the development of the urban street and road network" SKGMI (GTU), Vladikavkaz, Russian Federation
E-mail: tatianakkom@gmail.com, ORCID: 0009-0005-5711-4548

Pavel I. Pospelov, Doctor of Technology, Professor, Principal Research Scientist at the youth laboratory: "Intelligent management systems for the development of the urban street and road network" SKGMI (GTU), Vladikavkaz, Russian Federation
E-mail: pospelov@madi.ru, ORCID: 0000-0002-0493-4957