

Методика целесообразности размещения и определения параметров парковочных пространств в городской транспортной системе

С. Н. Корнилов, О. А. Копылова, О. В. Фридрихсон, А. А. Четвергова

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Российская Федерация, 455000, Челябинская область, Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Для цитирования: Корнилов С. Н., Копылова О. А., Фридрихсон О. В., Четвергова А. А. Методика целесообразности размещения и определения параметров парковочных пространств в городской транспортной системе // Бюллетень результатов научных исследований. — 2022. — Вып. 2. — С. 92–103. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-2-92-103

Аннотация

Цель: Изучить влияние наличия парковочных пространств на городскую транспортную систему. Рассмотреть вопрос о необходимости корректировки существующих подходов выбора мест размещения парковок и возможности имитационного моделирования при оценке целесообразности их размещения. Провести апробацию разработанной методики оценки целесообразности размещения парковочных пространств для легковых автомобилей на примере конкретного участка улично-дорожной сети. **Методы:** Сравнение существующих подходов к размещению парковочного пространства и их корректировка, имитационное моделирование формирования парковочного пространства для легковых автомобилей, методы математической статистики при обработке результатов экспериментов с имитационной моделью. **Результаты:** Рассмотрено влияние парковочных пространств на городскую транспортную систему. Предложена методика оценки целесообразности размещения парковочных пространств легковых автомобилей, и разработана имитационная модель, позволяющая определить потребное количество парковочных мест для рассматриваемого участка улично-дорожной сети, оценить приблизительную стоимость строительства объекта и ожидаемую прибыль при коммерциализации проекта, а также спрогнозировать влияние результатов изменений на показатели транспортного потока. **Практическая значимость:** Разработанная авторами методика оценки рационального размещения и определения основных параметров парковок для легковых автомобилей может быть использована при развитии городской транспортной системы. Применение методики в совокупности с разработанной имитационной моделью позволяет на этапе отбора перспективных мест размещения парковок учесть общественную значимость, окупаемость проекта, дорожную обстановку на выбранном участке улично-дорожной сети и исследовать дальнейшее влияние созданного парковочного пространства на параметры транспортного потока.

Ключевые слова: Парковочное пространство, городская транспортная система, имитационное моделирование, размещение парковок, транспортный поток.

Введение

Уровень автомобилизации населения в развивающихся и экономически развитых странах постоянно увеличивается. В частности, в Российской Федерации за последние десять лет количество автомобилей на 1000 человек увеличилось почти на 40 % [1].

Постоянно растущий уровень автомобилизации создает проблему нехватки организованных парковочных пространств в крупных городах, увеличивается число стихийных парковок вдоль обочин на проезжей части, на тротуарах и т. д. Это создает дополнительные сложности в организации работы городской транспортной системы, например в беспрепятственном проезде общественного транспорта, дорожной техники или спасательных служб, наблюдается снижение пропускной способности на фоне роста аварийности участков улично-дорожной сети [2–5].

Влияние парковочных пространств на городскую транспортную систему

Уровень развития парковочных пространств в крупных городах оказывает значительное влияние на городскую транспортную систему и параметры транспортного потока (пропускную способность участка улично-дорожной сети, скорость и т. д.).

Положительное влияние организованных парковок в городской транспортной системе связано с повышением транспортной доступности и стимулированием экономического роста как мест, вблизи которых размещена парковка, так и города в целом, а также созданием «буферной» зоны между автомобильным потоком и пешеходной активностью [6, 7].

По результатам анализа различных исследований установлено, что низкий уровень организации парковочных пространств приводит к таким отрицательным эффектам в работе городской транспортной системы, как снижение средней скорости потока, пропускной способности, повышение аварийности и т. д. Наличие припаркованных автомобилей на проезжей части городских дорог снижает скорость транспортного потока, по различным данным, от 15 до 42 %.

Отсутствие специально выделенного парковочного комплекса вынуждает совершать больше маневров во время движения, что является одной из причин возникновения аварийных ситуаций в городской транспортной системе. Выделяются следующие потенциально опасные действия, связанные с паркованием автомобилей:

- необходимость изменения полосы движения из-за наличия припаркованных у обочин транспортных средств;
- снижение скорости движения или остановка транспортных средств, въезжающих на парковку через бордюры;
- выезд на проезжую часть транспортных средств с парковок;
- открытие дверей у припарковавшихся транспортных средств;
- наезд на пешеходов ввиду ограничения видимости для водителей при наличии припаркованных автомобилей [8].

Для дорог с односторонним движением на 8 % чаще фиксируются аварии при совершении маневра при выезде с парковки и из-за припаркованного вдоль обочины автомобиля в сравнении с улицами, где организовано двухстороннее движение транспортных средств (рис. 1) [9].

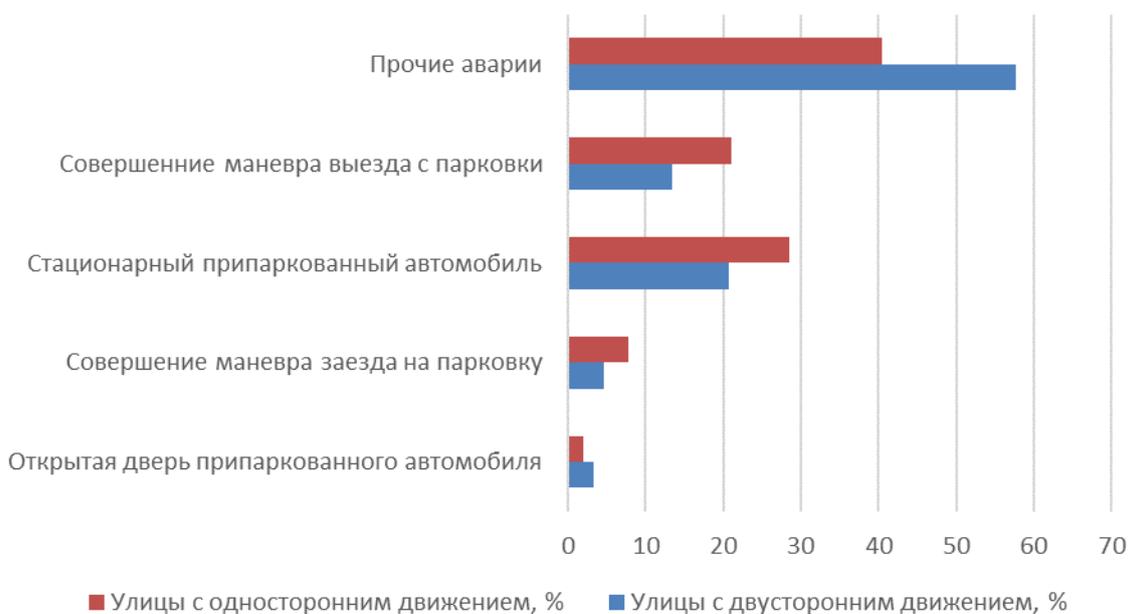


Рис. 1. Распределение количества аварийных ситуаций в зависимости от их причин и организации улично-дорожной сети

Влияние на аварийность оказывает также и тип парковочного пространства. Анализ результатов моделирования показал, что изменение схемы парковки «под углом» на параллельную парковку способно привести к снижению аварийности на 19–60 % в зависимости от конфигурации рассматриваемого участка улично-дорожной сети [10].

Таким образом, аналитический обзор отечественных и зарубежных исследований [2–4, 10–13] позволяет сделать вывод о том, что разработка комплексной программы формирования организованных парковочных пространств в крупных городах позволит повысить безопасность дорожного движения на 20–25 % без снижения скорости на участке, увеличить пропускную способность улично-дорожной сети на 30–45 %, а также создаст благоприятные условия для развития городской среды и организации работы дорожных, спасательных служб и общественного транспорта.

Методика оценки целесообразности размещения и определения параметров парковочного пространства для легковых автомобилей

Анализ исследований в области организации и моделирования парковочного пространства показал, что достаточно представлены различные методические подходы по выбору оптимального места размещения парковочного пространства (в зависимости от заданного исследователем основного критерия оптимальности) [14, 15]. При этом экономическая эффективность проекта парковки, как правило, либо является основным критерием (максимизация прибыли парковки), либо

рассчитывается уже непосредственно инвестором (подрядчиком) на этапе проектирования и строительства парковки.

В работе предлагается на этапе решения вопроса о необходимости размещения в данном месте парковочного пространства использовать имитационное моделирование. Это позволит без дополнительных финансовых вложений просчитать различные варианты организации парковки и ее параметры (количество парковочных мест, загруженность парковки, стоимость занятия парковочного места и т. д.), оценить влияние на городскую транспортную систему (параметры транспортного потока), а также выполнить предварительную оценку экономической эффективности проекта.

Для этих целей авторами разработаны имитационная модель формирования парковочного пространства легковых автомобилей с использованием инструмента имитационного моделирования Any Logic и алгоритм оценки целесообразности размещения парковочного пространства (рис. 2), представленный в виде методики.

Реализация предлагаемой методика оценки целесообразности размещения и определения параметров парковочного комплекса для легковых автомобилей предполагает следующую последовательность действий:

1 этап: формируется перечень предварительных мест (участков улично-дорожной сети), потенциально приемлемых для размещения парковок. С помощью одного из известных методов (методик) выполняется оценка социальной значимости вариантов парковки. Например, может быть проведен опрос населения по выбору наиболее приоритетного варианта размещения (объекта дальнейшего исследования).

2 этап: осуществляется сбор и подготовка блока исходных данных по параметрам объекта исследования. Определяются картографические данные дороги, по которой необходимо оценить допустимость размещения парковочного пространства, для создания имитационной модели рассматриваемого участка.

3 этап: построение имитационной модели формирования парковочного пространства легковых автомобилей по фактическим значениям параметров. Имитационная модель позволяет смоделировать ситуацию загруженности улично-дорожной сети в «пиковые» периоды времени и определить количество автомобилей, которые не смогли припарковаться из-за отсутствия свободных места [8, 15]. На основании исходных данных и нормативных значений в модели рассчитывается требуемое количество парковочных мест.

4 этап: с использованием имитационной модели [15] рассчитывается предварительная стоимость строительства парковочного пространства для требуемого количества парковочных мест. Затем, путем сравнительного анализа стоимости, выбирается приемлемый вид парковочного пространства (открытая парковка, подземная, роторного типа и т. д.).



Рис. 2. Алгоритм оценки целесообразности размещения парковочного пространства

5 этап: выполняется проверка на обеспечение безопасности организации дорожного движения согласно методическим рекомендациям [16]. В случае невозможности размещения данного вида парковки следует перейти к этапу 4 и принять другой вариант.

6 этап: анализ изменения параметров транспортного потока после оптимизации (создания) парковочного пространства. Для этого необходимо провести корректировку исходных данных модели путем внесения информации по необходимому количеству парковочных мест, определенных по результатам моделирования на этапе 3.

7 этап: выполняется оценка коммерческой эффективности проекта создания парковки. Данные расчеты выполняются во встроенном в имитационную модель калькуляторе при задании определенных исходных данных (стоимость часа использования парковки, количество часов использования парковочного места в год, затраты на обслуживание парковки). При организации бесплатного парковочного пространства следует оценить социальную эффективность проекта или использовать косвенные показатели коммерческой эффективности.

При коммерческой неэффективности проекта возможно рассмотрение варианта финансовой поддержки проекта, например, муниципальными властями и (или) другими заинтересованными структурами (торговое, промышленное предприятие, вблизи которого размещается объект и др.). Проводится комплексная оценка с учетом поддержки проекта.

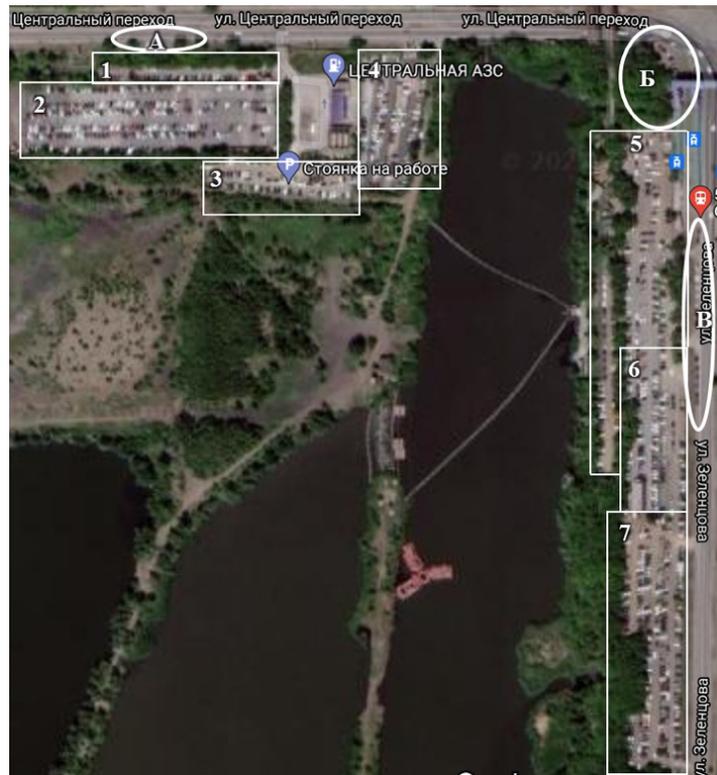
9 этап: проект с принятым вариантом размещения, видом парковки и с полученными по результатам моделирования параметрами считается целесообразным при положительной оценке его эффективности.

Апробация разработанной методики была проведена для участка улично-дорожной сети г. Магнитогорска (рис. 3).

По результатам натурных исследований и экспериментов с имитационной моделью выбранного участка было определено потребное количество парковочных мест. Анализ параметров моделируемого участка до и после оптимизации парковочного пространства выявил, что значения показателей «Среднее количество автомобилей» и «Среднее время нахождения автомобиля в системе» увеличились, это объясняется полным удовлетворением спроса на парковочные места в скорректированной имитационной модели [8].

Сравнительная таблица показателей моделируемого участка

Среднее количество автомобилей в системе, единиц	Среднее количество остановок, единиц/авто	Средняя скорость в системе, км/ч	Среднее время нахождения в системе, час	Среднесуточное количество автомобилей без парковочного места, единиц	Среднесуточное количество автомобилей, припаркованных в неполюженном месте
До оптимизации					
792,169	0,337	42,52	4,17	35	54
После оптимизации					
881,925	0,346	40,69	4,49	0	—



а



б

Рис. 3. Моделируемый участок улично-дорожной сети г. Магнитогорска:
а — размещение парковок на выбранном участке улично-дорожной сети;
б — внешний вид имитационной модели выбранного участка

Моделируемый участок имеет большое количество разрозненных парковочных пространств (рис. 3). В разработанной имитационной модели статистика по показателям собирается и анализируется в целом для рассматриваемого участка городской транспортной системы, а не только по дороге основного движения транспортных средств. Поиск свободного парковочного пространства связан со снижением скорости, поэтому после корректировки модели и увеличения количества парковочных мест значение показателя «Средняя скорость в системе» снизилось. При этом благодаря исключению несанкционированных парковок А, Б и В (рис. 3), скорость транспортного потока по рассматриваемому участку улично-дорожной сети увеличится, так как сокращается количество маневров на поиск машино-места, а также на заезд-выезд с необорудованных парковочных мест.

Расчет экономической эффективности показал целесообразность создания парковки открытого типа.

Заключение

Предложенные в разработанной авторами методике рекомендации и подходы могут быть использованы при развитии парковочных пространств и городской транспортной системы. Основываясь как на общественной, так и коммерческой составляющей проекта, разработанная методика в совокупности с имитационной моделью позволяет оценить целесообразность размещения парковок, определить вид и их основные параметры. Использование имитационной модели формирования парковочных пространств позволит еще на этапе предварительного отбора вариантов размещения выполнить предварительный анализ экономической эффективности проекта, а также смоделировать влияние парковок на параметры транспортного потока.

Библиографический список

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. — URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 05.06.2020).
2. Алексиков С. В. Оценка влияния дорожных условий на среднюю скорость транспортного потока / С. В. Алексиков, М. Н. Сидоренко, И. С. Алексиков // Дорожно-трансп. комплекс, экономика, экология, стр-во и архитектура: мат. Междунар. науч.-практ. конф., Омск, 21–23 мая, 2003 г. — Омск: СибАДИ, 2003. — Кн. 2. — С. 59–61.
3. Chiguma Masatu L. M. Analysis of side friction impacts on urban roads: Case study Dar-es-Salaam / L. M. Chiguma Masatu. — KTH School of Architecture and the Built Environment. — 2007. — 176 p.
4. Cullinane B. Where, when, and how well people park: a phone survey and field measurements / B. Cullinane, D. Smith, P. Green. — University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute. — 2004.

5. Cao Y. The effect of curb parking on road capacity and traffic safety / Y. Cao, Z. Z. Yang, Z. Y. Zuo // *European transport research review*. — 2017. — Vol. 9. — № 1. — Pp. 4.
6. Meyer M. D. Parking policy and downtown economic development / M. D. Meyer, A. M. ASCE, M. McShane // *Journal of Urban Planning and Development*. — 1983. — Vol. 109. — № 1. — Pp. 27–43.
7. Peprah C., Oduro C. Y., Afi Ocloo K. On-street parking and pedestrian safety in the Kumasi metropolis: issues of culture and attitude / Peprah C., Oduro C. Y., Afi Ocloo K. // *Developing Country Stud.* — 2014. — Vol. 4. — no.20. — pp. 85-94.
8. Четвергова А. А. Разработка методики оценки целесообразности и определения параметров городских парковочных комплексов для легковых автомобилей / А. А. Четвергова. — URL: <https://nauchkor.ru> (дата обращения: 25.06.2021).
9. Humphreys J. B. Safety aspects of curb parking / J. B. Humphreys, P. C. Box, T. D. Sullivan, D. J. Wheeler. — 1978. — № FHWA-RD-79-76 Final Rpt. Marsden G. The evidence base for parking policies — a review // *Transport policy*. — 2006. — Vol. 13. — № 6. — Pp. 447–457.
10. Peprah C. On-street parking and pedestrian safety in the Kumasi metropolis: issues of culture and attitude / C. Peprah, C. Y. Oduro, K. Afi Ocloo // *Developing Country Stud.* — 2014. — Vol. 4. — № 20. — Pp. 85–94.
11. Стадничук Н. Н. Особенности проектирования парковок в условиях современной городской среды / Н. Н. Стадничук, В. В. Ямилова // *История и педагогика естествознания*. — 2015. — № 4. — С. 54–56.
12. Жиндаева В. В. Стихийные парковки: статистика и проблемы // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук* / В. В. Жиндаева. — 2016. — № 1. — С. 9–13.
13. Хомченко А. Н. Ресурсоэкономичность транспортных систем городов / А. Н. Хомченко, Н. А. Осинцев // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. — 2012. — № 2. — С. 134–139.
14. Четвергова А. А. Разработка мероприятий по формированию парковочной системы на примере г. Магнитогорска / А. А. Четвергова, О. А. Копылова // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*. — 2019. — Т. 10 — №. 1. — С. 3–7.
15. Копылова О. П. Оценка целесообразности размещения парковочного пространства легковых автомобилей на основе имитационного моделирования / О. П. Копылова, П. Н. Мишуров, О. А. Четвергова // *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*. — 2021. — № 3(51). — С. 65–73.
16. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Формирование единого парковочного пространства в городах Российской Федерации. (Согласовано зам. Министра транспорта РФ от 1 августа 2018 г.). — URL: <https://www.mintrans.gov.ru/documents/10/9518?type=10> (дата обращения: 07.04.2021 г.).

Дата поступления: 23.03.2022

Решение о публикации: 04.05.2022

Контактная информация:

КОРНИЛОВ Сергей Николаевич — д-р техн. наук, проф.; kornilov_sn@mail.ru

КОПЫЛОВА Олеся Александровна — канд. техн. наук; Olesya.k863@yandex.ru

ФРИДРИХСОН Олег Владимирович — канд. техн. наук; Fridrikhsonov@yandex.ru

ЧЕТВЕРГОВА Анастасия Александровна — магистрант; anastasiyaaleksandrovna@mail.ru

Feasibility Methodology for the Placement and Parameter Definition of Parking Lots in an Urban Transport System

S. N. Kornilov, O. A. Kopylova, O. V. Fridrikhson, A. A. Chetvergova

Nosov Magnitogorsk State Technical University. Lenin Street, 38, Magnitogorsk city, Chelyabinsk Region, 455000, Russian Federation

For citation: Kornilov S. N., Kopylova O. A., Fridrikhson O. V., Chetvergova A. A. Feasibility Methodology for the Placement and Parameter Definition of Parking Lots in an Urban Transport System. *Bulletin of scientific research results*, 2022, iss. 2, pp. 92–103. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2022-2-92-103

Summary

Purpose: To study the impact of parking lot presence on an urban transport system. To consider the issue on the necessity to adjust existing approaches to parking location selection and on the possibility of simulation modeling while feasibility assessment of lots' placement. To pursue the testing of developed methodology for feasibility evaluation of parking space placement for autos on the example of particular section of road network.

Methods: Comparison of existing approaches to parking space placement and the approaches' correction, simulation modeling of motor car parking lot formation, mathematical statistics methods when experiment results' processing with a simulation model. **Results:** The influence of parking spaces on urban transport system is considered. Methods for feasibility assessment of car parking lot location have been proposed and simulation model has been developed allowing to determine the required number of parking places for being considered section of road network, to estimate an approximate cost of the facility construction and expected profit at the facility commercialization, as well as to forecast impact of changes' results on traffic flow indicators. **Practical importance:** The proposed algorithm and methodology for assessing the feasibility of placement and for definition of main parameters for car parking lots can be used in the development of an urban transport system. The methodology use in conjunction with the developed simulation model allows at the selection stage of promising locations of parking lots to take into account a social significance, project recoupment, traffic situation on the selected section of road network and to investigate further impact of the created parking space on the parameters of traffic flow.

Keywords: Parking space, urban transport system, simulation modeling, placement of parking lots, traffic flow.

References

1. *Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki RF* [Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed: June 05, 2020). (In Russian)
2. Aleksikov S. V., Sidorenko M. N., Aleksikov I. S. Otsenka vliyaniya dorozhnykh usloviy na srednyuyu skorost' transportnogo potoka [Evaluation of the influence of road conditions on the average speed of the traffic flow]. *Dorozhno-transp. kompleks, ekonomika, ekologiya, str-vo i arkhitektura : mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Omsk, 21-23 maya, 2003 g.* [Dorozhno-transp. complex, economics, ecology, construction and architecture: mat. intl. scientific-practical. Conf., Omsk, May 21-23, 2003]. Omsk: SibADI Publ., 2003, pp. 59–61. (In Russian)
3. Chiguma, Masatu L. M. Analysis of side friction impacts on urban roads: Case study Dar-es-Salaam. KTH School of Architecture and the Built Environment. 2007. 176 p.
4. Cullinane B., Smith D., Green P. Where, when, and how well people park: a phone survey and field measurements. University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute, 2004.
5. Cao Y., Yang Z. Z., Zuo Z. Y. The effect of curb parking on road capacity and traffic safety. *European transport research review*. 2017, vol. 9, I. 1, p. 4.
6. Michael D. Meyer, A. M. ASCE, Mary McShane. Parking policy and downtown economic development. *Journal of Urban Planning and Development*. 1983, vol. 109, I. 1, pp. 27–43.
7. Peprah C., Oduro C. Y., Afi Ocloo K. On-street parking and pedestrian safety in the Kumasi metropolis: issues of culture and attitude. *Developing Country Stud*. 2014, vol. 4, I. 20, pp. 85–94.
8. Chetvergova A. A. *Razrabotka metodiki otsenki tselesoobraznosti i opredeleniya parametrov gorodskikh parkovochnykh kompleksov dlya legkovykh avtomobiley* [Development of a methodology for assessing the feasibility and determining the parameters of urban parking complexes for cars]. Available at: <https://nauchkor.ru> (accessed: June 25, 2021). (In Russian)
9. Humphreys J. B., Box P. C., Sullivan T. D., Wheeler D. J. Safety aspects of curb parking. 1978, FHWA-RD-79-76 Final Rpt. Marsden G. The evidence base for parking policies. *Transport policy*. 2006, vol. 13, I. 6, pp. 447–457.
10. Peprah C., Oduro C. Y., Afi Ocloo K. On-street parking and pedestrian safety in the Kumasi metropolis: issues of culture and attitude. *Developing Country Stud*. 2014, vol. 4, I. 20, pp. 85–94.
11. Stadnichuk N. N., Yamilova V. V. Osobennosti proektirovaniya parkovok v usloviyakh sovremennoy gorodskoy sredy [Features of the design of parking lots in the conditions of the modern urban environment]. *Istoriya i pedagogika estestvoznaniya* [History and pedagogy of natural sciences]. 2015, I. 4, pp. 54-56. (In Russian)
12. Zhindaeva V. V. Stikhiynye parkovki: statistika i problemy [Spontaneous parking: statistics and problems]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of the Humanities and Natural Sciences]. 2016, I. 1, pp. 9–13. (In Russian)

13. Khomchenko A. N., Osintsev N. A. Resursoekonomichnost' transportnykh sistem gorodov [Resource-economical transport systems of cities]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern problems of the transport complex of Russia]. 2012, I. 2, pp. 134–139. (In Russian)

14. Chetvergova A. A., Kopylova O. A. Razrabotka meropriyatiy po formirovaniyu parkovochnoy sistemy na primere g. Magnitogorska [Development of measures for the formation of a parking system on the example of Magnitogorsk]. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya* [Actual problems of modern science, technology and education]. 2019, vol. 10, I. 1, pp. 3–7. (In Russian)

15. Kopylova O. P., Mishkurov P. N., Chetvergova O. A. Otsenka tselesoobraznosti razmeshcheniya parkovochnogo prostranstva legkovykh avtomobiley na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Assessing the feasibility of placing a parking space for passenger cars based on simulation]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Ural State University of Communications]. 2021, I. 3 (51), pp. 65–73. (In Russian)

16. *Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke i realizatsii meropriyatiy po organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Formirovanie edinogo parkovochnogo prostranstva v gorodakh Rossiyskoy Federatsii. (Soglasovano zam. Ministra transporta RF ot 1 avgusta 2018g.)* [Guidelines for the development and implementation of measures for the organization of traffic. Formation of a single parking space in the cities of the Russian Federation. (Agreed by the Deputy Minister of Transport of the Russian Federation on August 1, 2018)]. Available at: <https://www.mintrans.gov.ru/documents/10/9518?type=10> (accessed: April 07, 2021). (In Russian)

Received: March 23, 2022

Accepted: May 04, 2022

Author's information

Sergei N. KORNILOV — D. Sci. in Engineering, Professor; kornilov_sn@mail.ru

Olesya A. KOPYLOVA — PhD in Engineering; Olesya.k863@yandex.ru

Oleg V. FRIDRIKHSOHN — PhD in Engineering; Fridrikhsonov@yandex.ru

Anastasia A. CHETVERGOVA — Postgraduate Student; anastasiyaaleksandrovna@mail.ru.