

УДК 656.01

2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)

# УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОСТЬЮ ПРИ РАЗВИТИИ В ГОРОДАХ СЕРВИСОВ КРАТКОСРОЧНОЙ АРЕНДЫ ЭЛЕКТРОСАМОКАТОВ

Д. А. Захаров, А. А. Фадюшин

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

## MOBILITY MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF SHORT-TERM ELECTRIC SCOOTER RENTAL SERVICES IN CITIES

Dmitrii A. Zakharov, Alexey A. Fadyushin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**Аннотация.** На основе результатов макромоделирования рассматривается развитие сервисов краткосрочной аренды электросамокатов и их влияние на структуру подвижности населения города. Цель исследования – оценка изменения структуры подвижности населения крупного города, не имеющего внеуличного транспорта, при развитии велодорожек и изменении тарифов на краткосрочную аренду электросамокатов. Исследование показало, что при снижении стоимости аренды электросамоката и увеличении протяженности велодорожек растет число пользователей электросамокатов и снижается количество и доля передвижений на индивидуальном и общественном транспорте. Стоимость аренды электросамокатов влияет также на среднее расстояние поездки, а следовательно, на бизнес-модель данного сервиса. Изменение стоимости аренды электросамокатов является одним из мероприятий по управлению мобильностью жителей городов. Такое мероприятие может изменять нагрузку улично-дорожной сети города и транспорта общего пользования.

**Abstract.** Article discusses the development of electric scooter short-term rental services and their impact on the structure of the mobility of the urban population based on macrosimulation results. The purpose of the study is to assess changes in the mobility structure of the population of a large city, in which the transport that provides regular passenger transportation on paths isolated from motor roads is absent, with the development of bicycle lanes and changes in tariffs for short-term rental of electric scooters. The study found that when the cost of renting an electric scooter would decrease and the length of bicycle lanes would increase, the number of electric scooter users would increase and the number and proportion of journeys made by individual and public transport would decrease. The cost of renting electric scooters also affects the average travelling distance and therefore the business model of the service. Changing the cost of renting electric scooters is one way to manage the mobility of city dwellers. This could change the loading of the urban street and road network and public transport.

**Ключевые слова:** структура подвижности населения, средства индивидуальной мобильности, электросамокат, транспортное моделирование

**Keywords:** structure of population mobility, individual mobility means, electric scooter, transport modeling

**Для цитирования:** Захаров, Д. А. Управление мобильностью при развитии в городах сервисов краткосрочной аренды электросамокатов / Д. А. Захаров, А. А. Фадюшин. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-4-71-79. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 4 (106). – С. 71–79.

**For citation:** Zakharov, D. A., & Fadyushin, A. A. (2023). Mobility management in the development of short-term electric scooter rental services in cities. *Architecture, Construction, Transport*, (4(106)), pp. 71-79. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-4-71-79.

### Введение

В настоящее время на улицах российских городов активно внедряются сервисы байкшеринга (системы краткосрочной аренды велосипедов) и кикшеринга (системы краткосрочной аренды электросамокатов), а в летний период формируется массовый спрос на передвижения с помощью средств индивидуальной мобильности (СИМ). СИМ используются гражданами для передвижения по велодорожкам, тротуарам, дорогам общего пользования, во дворах и на других прилегающих территориях.

В Постановлении Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 «О Правилах дорожного движения»<sup>1</sup> с 2023 г. введено понятие СИМ и разработан раздел «Дополнительные требования к движению велосипедистов, водителей мопедов и лиц, использующих для передвижения средства индивидуальной мобильности». Согласно документу, СИМ – транспортное средство, имеющее одно или несколько колес (роликов), предназначенное для индивидуального передвижения человека посредством использования двигателя (двигателей) (электросамокаты, электроскейтборды, гироскутеры, сигвеи, моноколеса и иные аналогичные средства). Однако многие пользователи СИМ не знают, где и с какой скоростью можно передвигаться, как избежать

столкновений и чем грозит нарушение правил движения.

Опыт классификации СИМ рассмотрен в работах Научно-исследовательского института автомобильного транспорта [1]. Классификационные системы учитывают различные параметры СИМ: International Transport Forum – массу и максимальную скорость, система Евросоюза – мощность, источник питания и габариты, США – мощность и скорость, SAE – массу, ширину, скорость и источник питания, система В. С. Шелмакова – габариты, нагруженную массу, максимальную конструктивную скорость и мощность двигателя.

В 2017 г. был опубликован исследовательский отчет «Правила и безопасность для электрических велосипедов и других маломощных транспортных средств». Документ был подготовлен компанией ViaStrada Limited по заказу транспортного агентства Новой Зеландии. Авторами были проведены исследования 57 моделей электросамокатов и подобных транспортных средств известных брендов, в том числе были рассмотрены их максимальные скорости и мощности двигателей. Согласно результатам исследования, большинство представленных моделей таких транспортных средств имеют мощность более 250 Вт [2], то есть по действующему российско-

<sup>1</sup> О правилах дорожного движения (с изменениями на 2 июня 2023 года) : Постановление Совета министров Правительства Российской Федерации № 1090 : утверждено 23 октября 1993 г. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9004835> (дата обращения: 10.08.2023).

му законодательству и практике его применения они могут быть приравнены к мопедам.

В исследовании также рассматривался вопрос безопасности пешеходов, отмечалось, что пешеходные дорожки должны быть устроены таким образом, чтобы свести к минимуму столкновения СИМ с пешеходами, подъездными путями, а также падения и опрокидывания из-за плохого качества поверхности [2].

В статье [3] авторы провели анализ использования СИМ в разных городах и пришли к выводу, что на сегодняшний день вклад СИМ в передвижения людей неоднозначен и зависит от многих факторов, а поведение пользователей в большей степени зависит не от наличия шеринга СИМ в городе, а от надежности и качества транспортной инфраструктуры.

Исследования также показывают, что в небольших городах, районах с низкой плотностью населения и низкими доходами развитие СИМ затруднено. Так, несмотря на хорошо выстроенную транспортную систему, внедрение СИМ в небольших швейцарских городах проходило неудачно [4].

Оценка факторов, влияющих на выбор СИМ как средства передвижения, а не развлечения, проводилась в работе [5]. На формирование устойчивого спроса влияют не только доступность и безопасность данного транспорта, но и эмоции, связанные с его использованием. Опросы пользователей мобильного электротранспорта во Франции и Северной Америке [6, 7] показали, что люди выбирают этот способ передвижения, так как он доставляет положительные эмоции. К тому же, такой способ передвижения привлекает людей с ограниченными физическими возможностями.

Тем не менее, СИМ могут представлять опасность для пешеходов и других участников дорожного движения из-за высокой скорости, которую способны развивать. Этим обусловлены ограничения на использование пешеходных зон [8]. Решением городских администраций в некоторых районах установлен запрет на парковку и перемещения на данном транспорте или введены ограничения по скорости передвижения. Такие ограничения могут вводиться на открытых

площадках с большим скоплением пешеходов (парках, набережных) [9, 10]. Для разделения пользователей СИМ/велосипедистов и пешеходов создаются велодорожки, за счет разграничения потоков снижаются задержки пользователей городской транспортной системы, уменьшается количество конфликтов среди пользователей СИМ/велосипедистов и пешеходов, повышается уровень безопасности движения [11, 12].

Максимально допустимая скорость движения велотранспорта и СИМ на улицах городов составляет 20–25 км/ч. Однако скорость сообщения на СИМ гораздо ниже и достигает 12–15 км/ч, так как некоторые участки улично-дорожной сети могут быть не обустроены для комфортного, безопасного и быстрого движения. На пути могут встречаться высокие бордюры, искусственные неровности, колеи, некачественное дорожное покрытие и т. д. [13]. В часы пик скорость движения велотранспорта или СИМ может быть больше скорости движения других видов транспорта, что делает его более привлекательным [14].

Цель данного исследования – оценка изменения параметров городской транспортной системы при изменении тарифов и развитии инфраструктуры для передвижения на СИМ.

### **Объект и методы исследования**

Объектом исследования является структура подвижности в городской транспортной системе. Предметом – структура подвижности населения города при различных тарифах на перемещение с использованием СИМ.

*Гипотеза исследования 1* – при снижении стоимости аренды СИМ увеличивается количество пользователей СИМ, снижается число пользователей индивидуального и городского общественного транспорта.

*Гипотеза исследования 2* – количество поездок и средняя дальность поездок зависят от тарифа на использование СИМ.

Влияние тарифа на аренду электросамокатов на количество поездок описывается уравнением по формуле (1):

$$N_{СИМ} = a \cdot e^{-bC_{1,мин}} \quad (1)$$

где  $N_{СИМ}$  – количество поездок в час пик на СИМ;  
 $C_{1мин}$  – стоимость 1 минуты аренды электросамоката, руб.;  
 $a, b$  – параметры уравнения.

Для оценки изменения структуры подвижности населения используется моделирование транспортных потоков в г. Тюмени на макроуровне в программном комплексе PTV Visum.

В [15] рассмотрено изменение структуры подвижности при изменении экономических факторов городской транспортной системы (стоимости платной парковки и стоимости проезда в городском транспорте общего пользования). В данном исследовании также используется сопротивление поездки на разных видах транспорта и способах перемещений.

При использовании сервисов кикшеринга (например, от компании Whoosh, Юрент) обычно необходима оплата в начале аренды (при старте) и далее по времени использования СИМ (поминутная, часовая, суточная). Например, при использовании СИМ компании Whoosh необходимо заплатить 50 рублей при старте и оплатить каждую минуту аренды (от 5 рублей за минуту). Стоимость проката СИМ может увеличиваться в зависимости от спроса. Также пользователь имеет возможность оформить месячную, годовую подписку на сервис, при которой стоимость начала аренды СИМ равна нулю.

Сопротивление поездки на СИМ определяется по формуле (2):

$$R_{СИМ} = T_{подх} + T_{СИМ} + (P_{СИМ0} + P_{СИМ} \cdot T_{СИМ}) \cdot k, \quad (2)$$

где  $R_{СИМ}$  – сопротивление поездки на СИМ;  
 $T_{подх}$  – время подхода к СИМ и оформления аренды через приложение, мин.;

$T_{СИМ}$  – время реализации корреспонденции на СИМ, мин.;

$P_{СИМ0}$  – начальная (стартовая) стоимость аренды СИМ, руб.;

$P_{СИМ}$  – итоговая стоимость аренды СИМ, руб.;

$k$  – переводной коэффициент, мин./руб.

### Результаты

По результатам макро моделирования было определено, что при увеличении стоимости проката количество передвижений на СИМ снижается, а посредством остальных способов перемещений увеличивается. Например, при увеличении стоимости проката СИМ с 1 до 10 рублей за одну минуту количество передвижений на городском транспорте общественного пользования увеличивается с 19 до 21 %, а число пользователей индивидуального транспорта повышается с 28 до 30 % (рис. 1, таблицы 1 и 2).

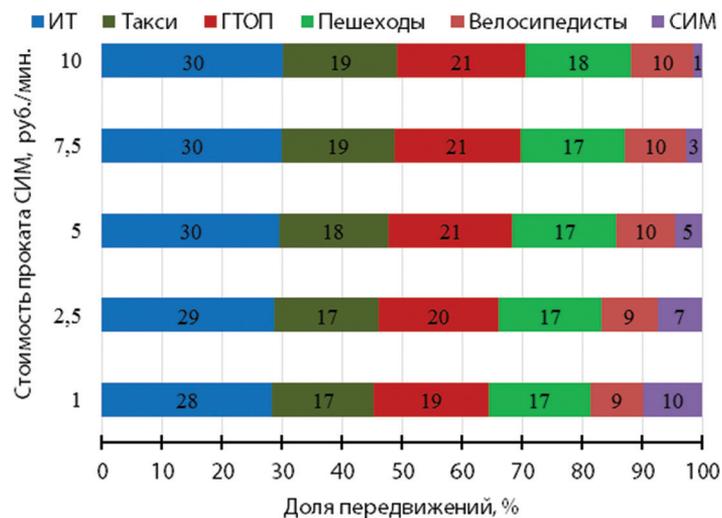


Рис. 1. Изменение структуры подвижности населения при изменении стоимости проката СИМ (протяженность велодорожек 158 км)

Fig. 1. Change in the population mobility structure with changes in the cost of renting individual mobility means (length of bicycle lanes is 158 km)

Таблица 1

Table 1

Влияние стоимости аренды электросамоката на структуру подвижности населения  
(протяженность велодорожек 158 км)  
Impact of the cost of renting an electric scooter on the mobility structure of the population  
(length of bicycle lanes is 158 km)

Стоимость проката СИМ, руб./мин.	Количество передвижений по видам транспорта и способам в утренний час пик в Тюмени, ед.					
	ИТ	Такси	ГТОП	Пешеходы	Велосипедисты	СИМ
1	39 983	23 691	27 111	23 772	12 522	13 757
2.5	40 274	24 222	28 138	24 139	13 075	10 295
5	41 031	25 147	28 898	23 974	13 659	6 268
7.5	41 416	25 891	29 249	24 111	14 046	3 679
10	41 714	26 175	29 521	24 188	14 337	2 008

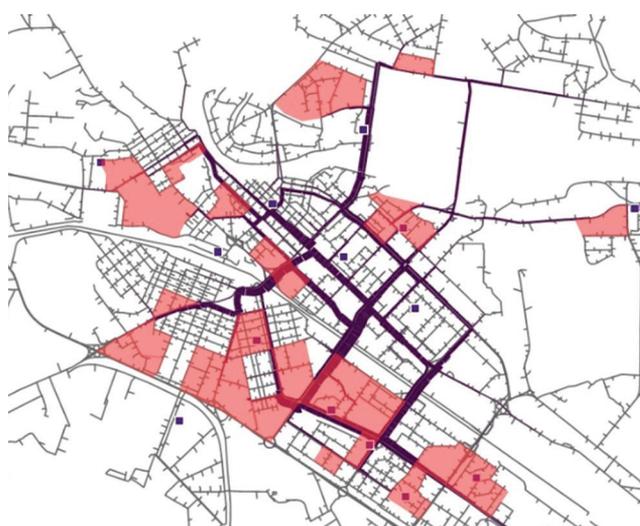
Таблица 2

Table 2

Влияние стоимости аренды электросамоката на структуру подвижности населения  
(протяженность велодорожек 38 км)  
Impact of the cost of renting an electric scooter on the mobility structure of the population  
(length of bicycle lanes is 38 km)

Стоимость проката СИМ, руб./мин.	Количество передвижений по видам транспорта и способам в утренний час пик в Тюмени, ед.					
	ИТ	Такси	ГТОП	Пешеходы	Велосипедисты	СИМ
1	43 174	26 891	32 638	26 310	847	5 281
2.5	43 551	27 154	33 035	26 421	856	3 534
5	43 690	27 232	33 733	26 972	899	1 624
7.5	43 843	27 395	34 257	26 971	908	418
10	44 687	28 609	32 948	25 932	888	145

a)



b)

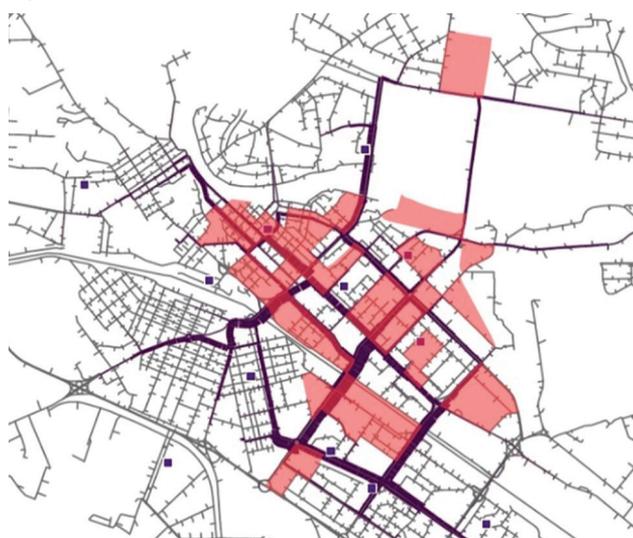


Рис. 2. Основные передвижения на СИМ по городу: а) районы – источники поездки, б) районы – цели  
Fig. 2. Main routes by individual mobility means in the city: a) areas as starting points of trip, b) areas as goal of trip

На выбор СИМ или велосипеда существенно влияет наличие велодорожек на пути следования, так как это значительно увеличивает скорость сообщения и снижает количество конфликтов с пешеходами. Основные перемещения на СИМ происходят на участках с обустроенными велодорожками (рис. 2).

Основные перемещения на СИМ совершаются из жилых и плотно заселенных районов (районов – источников) в районы с крупными деловыми центрами, в центральную часть города и в районы, вблизи которых есть велодорожки на магистральных улицах города.

При развитии сети велодорожек (увеличении их протяженности на 120 км) и снижении стоимости проката СИМ с 7 (стандартная стоимость проката) до 1 рубля за минуту количество передвижений на СИМ увеличивается с 1 до 14 тысяч поездок. На городском общественном транспорте количество передвижений снижается с 34 до 27 тысяч поездок, что влияет на наполняемость маршрутных транспортных средств.

На основе результатов моделирования определена зависимость количества перемещений на СИМ от стоимости проката (рис. 3). При снижении стоимости проката и развитии сети велодорожек повышается спрос на использование СИМ и сервисов проката, что позволяет снизить количество передвижений на индивидуальном и городском транспорте общего пользования и тем самым уменьшить загрузку улично-дорожной сети и некоторых городских маршрутов.

При повышении стоимости проката СИМ увеличивается итоговая стоимость аренды, что снижает спрос на дальние или длительные перемещения. Зависимость среднего времени поездки на СИМ от стоимости проката представлена на рис. 4. Наибольшее влияние стоимости проката СИМ на среднее время поездки отмечается в диапазоне от 1 до 4 рублей за 1 минуту аренды электросамоката.

### Обсуждение

При снижении стоимости проезда на СИМ и развитии инфраструктуры возможно уменьшение количества поездок на городском и ин-

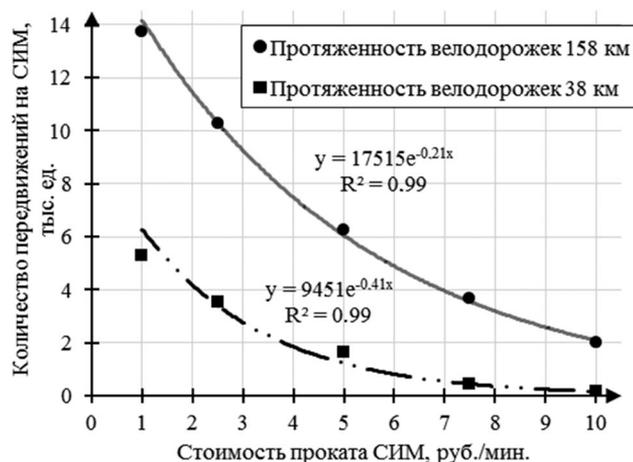


Рис. 3. Изменение количества перемещений на СИМ при изменении стоимости проката электросамоката

Fig. 3. Change in the number of movements by individual mobility means when the cost of electric scooter rent changes

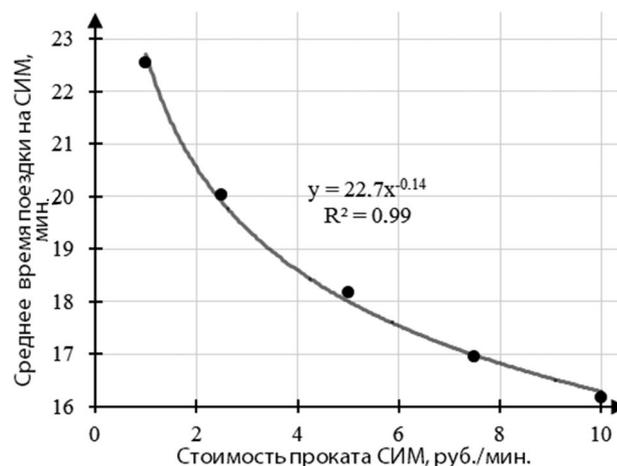


Рис. 4. Изменение средней времени поездки при изменении стоимости проката электросамоката

дивидуальном транспорте и, соответственно, снижение наполняемости в салоне маршрутных транспортных средств и загрузки улично-дорожной сети. Это актуально для перегруженных маршрутов общественного транспорта или в период сезонных пиков вирусных заболеваний и пандемий. Уменьшение загрузки улично-дорожной сети актуально также при уменьшении пропускной способности из-за перекрытия автомобильных дорог и ремонта объектов транс-

портной инфраструктуры (мостов, транспортных развязок).

Муниципальным властям необходимо наладить взаимодействие с предприятиями и сервисами прокатов СИМ и в случае организации минимальной стоимости проката (1 рубль) и повышения спроса жителей на СИМ компенсировать затраты сервисов проката. Например, при организации стоимости проката в 1 рубль за минуту (при базовом тарифе аренды электросамоката 7 рублей) необходима компенсация для сервиса в размере 157 тысяч рублей за один час пик (для двух недель из 10 рабочих дней – более 2 млн рублей). Изменение доходов организаторов проката СИМ при изменении стоимости проката СИМ показано на рис. 5. Установление минимальной стоимости проката СИМ в сервисах возможно при условии компенсации затрат и предоставления субсидий на такие меры.

### Выводы

Результаты проведенного исследования с применением транспортных макромоделей (на примере г. Тюмени) свидетельствуют о том, что развитие инфраструктуры для велотранспорта и СИМ, увеличение протяженности велодорожек на 120 км, уменьшение стоимости проката в сервисах аренды с 5–7 до 1 рубля за минуту повышает в утренний час пик спрос на использование СИМ с 900 поездок до 14 тысяч. Количество передвижений на городском транспорте общего пользования снижается с 34 до 27 тысяч, на индивидуальном – с 44 до 40 тысяч.

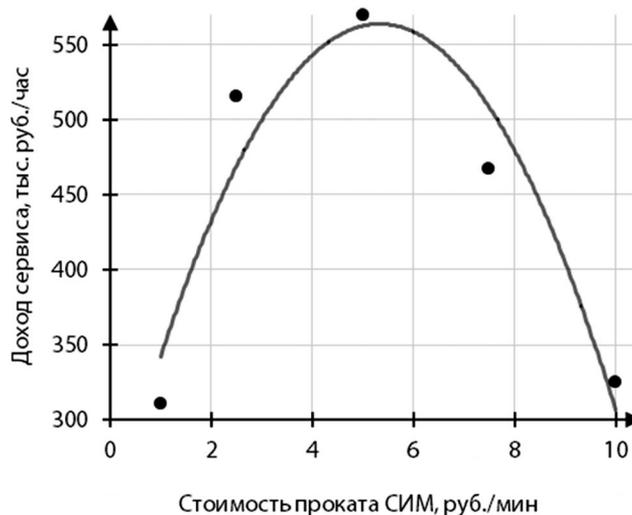


Рис. 5. Изменение доходов сервиса по прокату при изменении стоимости проката  
Fig. 5. Change in rental service revenues when the rental price changes

Полученные результаты исследования имеют ярко выраженную сезонность, обусловленную периодом разрешенной эксплуатации электросамокатов и работы сервисов краткосрочной аренды СИМ с апреля – мая по октябрь.

Управление городской мобильностью путем изменения тарифов на аренду электросамокатов целесообразно учитывать в макромоделях при разработке и корректировке документов транспортного планирования (Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры и Комплексной схемы организации дорожного движения).

### Библиографический список

1. Донченко, В. В. Анализ основных классификационных систем средств индивидуальной мобильности / В. В. Донченко, В. А. Купавцев. – DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-3-525-263. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 3 (79). – С. 252–263.
2. Regulations and safety for electric bicycles and other low-powered vehicles. NZ Transport Agency research report 621 / J. Lieswyn, M. Fowler, G. Koorey [et al.]. – Wellington, 2017. – 182 p. – Текст : электронный. – URL: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/621/621-regulations-and-safety-for-electric-bicycles-and-other-low-powered-vehicles.pdf>.
3. Transportation transformation: Is micromobility making a macro impact on sustainability? / M. McQueen, G. Abou-Zeid, J. MacArthur, K. Clifton. – DOI 10.1177/0885412220972696. – Текст : электронный // Journal of Planning Literature. – 2020. – 36(5):0885412220972696. – URL: <https://www.researchgate.net/>

- publication/346908241\_Transportation\_Transformation\_Is\_Micromobility\_Making\_a\_Macro\_Impact\_on\_Sustainability (date of the application: 01.10.2023).
4. Implementing bikesharing systems in small cities: evidence from the swiss experience / A. Ander, E. Ravalet, V. Baranger, V. Kaufmann. – DOI 10.1016/j.tranpol.2017.01.005. – Текст : непосредственный // Transport Policy. – 2017. – Vol. 55. – P. 18–28.
  5. Schneider, R. J. Theory of routine mode choice decisions: an operational framework to increase sustainable transportation / R. J. Schneider. – DOI 10.1016/j.tranpol.2012.10.007. – Текст : непосредственный // Transport Policy. – 2013. – Vol. 25. – P. 128–137.
  6. Usages et usagers des trottinettes électriques en free-floating en France / 6t-bureau de recherché. – Текст : электронный // lalibrairie.ademe : сайт. – URL: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/synthese-usages-trottinettes-free-floating-france-2019.pdf>/ (date of the application: 17.11.2021).
  7. A North American survey of electric bicycle owners. NITC-RR-1041 / J. MacArthur, M. Harpool, D. Schepke, C. Cherry. – Portland : Transportation Research and Education Center, 2018. – 62 p. – DOI 10.15760/trec.197. – Текст : непосредственный.
  8. Harnessing Shared Mobility for Compact, Sustainable Cities / Institute for Transportation and Development Policy (ITDP). New York, 2015. – 13 p. – Текст : электронный. – URL: <https://itdpdotorg.wpengine.com/wp-content/uploads/2015/08/Harnessing-Shared-Mobility-1.pdf>/ (date of the application: 17.11.2020).
  9. Sharp, S. Did Your Rented E-scooter Suddenly Shut Down? Blame the Invisible Geofence / S. Sharp. – Текст : электронный // Los Angeles Times : сайт. – URL: <https://www.latimes.com/california/story/2019-09-16/geofencing-scooters-westside-bird-lime/> (date of the application: 17.11.2020).
  10. Thomas, K. E-scooters will return to Portland with new rules, enforcement fines, more scooters / K. Thomas. – Текст : электронный // KATU 2. – 2019. – URL: <https://katu.com/news/local/e-scooter-pilot-program-will-return-to-portland-with-new-rules-and-enforcement/> (date of the application: 18.11.2020).
  11. Юнг, А. А. Результат оценки характеристик транспортного потока с учетом движения средств индивидуальной мобильности с помощью моделирования участка дорожного движения / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-5-716-726. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19, № 5 (87). – С. 716–726.
  12. Трофименко, Ю. В. Методика оценки эффективности велотранспортной сети крупного города / Ю. В. Трофименко, А. Б. Галышев. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 4–5. – С. 948–958.
  13. Донченко, В. В. Исследование элементов городской инфраструктуры для безопасного передвижения средств индивидуальной мобильности / В. В. Донченко, В. А. Купавцев. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-3-338-349. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2023. – Т. 20, № 3 (91). – С. 338–349.
  14. Шелмаков, С. В. Оценка экономического эффекта, обусловленного сокращением времени передвижения при эксплуатации велотранспортной сети г. Москвы / С. В. Шелмаков, А. Б. Галышев. – Текст : непосредственный // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2015. – № 2 (4). – С. 10.
  15. Фадюшин, А. А. Влияние стоимости проезда в городском общественном транспорте на структуру подвижности населения. – Текст : непосредственный / А. А. Фадюшин, Д. А. Захаров. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-143-148 // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 4 (87). – С. 143–148.

#### References

1. Donchenko, V. V., & Kupavtsev, V. A. (2021). Main classification systems of personal mobility equipment analysis. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 18(3(79)), pp. 252–263. (In Russian). DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-3-525-263.
2. Lieswyn, J., Fowler, M., Koorey, G., Wilke, A. & Crimp, S. (2017). Regulations and safety for electric bicycles and other low-powered vehicles. NZ Transport Agency research report 621. Wellington, 182 p. (In English).
3. McQueen, M., Abou-Zeid, G., MacArthur, J., & Clifton, K. (2020). Transportation Transformation: Is Micromobility Making a Macro Impact on Sustainability? *Journal of Planning Literature*, 36(5):088541222097269. (In English). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/346908241\\_Transportation\\_Transformation\\_Is\\_Micromobility\\_Making\\_a\\_Macro\\_Impact\\_on\\_Sustainability](https://www.researchgate.net/publication/346908241_Transportation_Transformation_Is_Micromobility_Making_a_Macro_Impact_on_Sustainability) (accessed 01.10.2023). DOI 10.1177/0885412220972696.

4. Ander, A., Ravalet, E., Baranger, V., & Kaufmann, V. (2017). Implementing Bikesharing Systems in Small Cities: Evidence from the Swiss Experience. *Transport Policy*, 55, pp. 18-28. (In English). DOI 10.1016/j.tranpol.2017.01.005.
5. Schneider, R. J. (2013). Theory of routine mode choice decisions: an operational framework to increase sustainable transportation. *Transport Policy*, 25, pp. 128-137. (In English). DOI 10.1016/j.tranpol.2012.10.007.
6. 6t-bureau de recherche. (2019). Use and users of free-floating electric scooters in France [Usages et usagers des trottinettes électriques en free-floating en France]. (In French). Available at: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/synthese-usages-trottinettes-free-floating-france-2019.pdf/> (accessed 17.11.2021).
7. MacArthur, J., Harpool, M., Schepke, D., & Cherry, C. (2018). A North American survey of electric bicycle owners. NITC-RR-1041. Portland, Publ. Transportation Research and Education Center, 62 p. (In English). DOI 10.15760/trec.197.
8. Institute for Transportation and Development Policy (ITDP). (2015). *Harnessing Shared Mobility for Compact, Sustainable Cities*. New York, Publ. Institute for Transportation and Development Policy, 13 p. (In English). Available at: <https://itdpdotorg.wpengine.com/wp-content/uploads/2015/08/Harnessing-Shared-Mobility-1.pdf/> (accessed 17.11.2020).
9. Sharp, S. (2019). Did your rented e-scooter suddenly shut down? Blame the Invisible Geofence. *Los Angeles Times*. (In English). Available at: <https://www.latimes.com/california/story/2019-09-16/geofencing-scooters-westside-bird-lime/> (accessed 17.11.2020).
10. Thomas, K. (2019). E-scooters will return to Portland with new rules, enforcement fines, more scooters. *KATU 2*. (In English). Available at: <https://katu.com/news/local/e-scooter-pilot-program-will-return-to-portland-with-new-rules-and-enforcement/> (accessed 18.11.2020).
11. Jung, A. A., & Shevtsova, A. G. (2022). The result of an evaluation for traffic flow characteristics considering the movement of personal mobility equipment by modeling a road traffic section. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 19(5(87)), pp. 716-726. (In Russian). DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-5-716-726.
12. Trofimenko, Yu., & Galyshev, A. (2016). Technique of quality estimation efficiency's of cycle transport networking the large city. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 18(4-5), pp. 948-958. (In Russian).
13. Donchenko, V. V., & Kupavtsev, V. A. (2023). Main classification systems of personal mobility equipment analysis. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 20, (3(91)), pp. 338-349. (In Russian).
14. Shelmakov, S. V., & Galyshev, A. B. (2015). Assessment of the economic effect caused by reduction of time of movement during the operation of the cycle transport network of the city of Moscow. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, (2(4)). P. 10. (In Russian).
15. Fadyushin, A. A., & Zakharov, D. A. (2021). The influence of the urban public transport fare on the structure of the population's mobility. *Bulletin of Civil Engineers*, (4(87)), pp. 143-148. (In Russian).

#### **Сведения об авторах**

Захаров Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zaharovda@tyuiu.ru. ORCID 0000-0001-9594-9144

Фадюшин Алексей Александрович, канд. техн. наук, ассистент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: fadjushinaa@tyuiu.ru. ORCID 0000-0001-7276-4315

#### **Information about the authors**

Dmitrii A. Zakharov, Cand. Sc. in Engineering, Associate Professor, Head at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: zaharovda@tyuiu.ru. ORCID 0000-0001-9594-9144

Alexey A. Fadyushin, Cand. Sc. in Engineering, Assistant at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: fadjushinaa@tyuiu.ru. ORCID 0000-0001-7276-4315

*Получена 07 ноября 2023 г., одобрена 15 ноября 2023 г., принята к публикации 15 декабря 2023 г.  
Received 07 November 2023, Approved 15 November 2023, Accepted for publication 15 December 2023*