

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 338.47

DOI 10.17816/transsyst202394117-128

© М.Е. Васильева¹, Е.М. Волкова², А.С. Романов²¹ СПб ГУП «Горэлектротранс»² Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ В
РОССИЙСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ: СУЩНОСТЬ, СТРУКТУРА И
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

Цель: разработка направлений и определение этапов развития интеллектуальных транспортных систем в российских агломерациях с учетом их существенных особенностей, генерируемых ими эффектов и имеющихся проблем.

Материалы и методы: для достижения цели исследования на первом этапе используются систематизация и сравнительный анализ научных результатов, полученных российскими и зарубежными учеными по выбранной теме. На втором этапе авторы используют методы сводки и группировки полученных результатов, статистического анализа. На третьем этапе используется метод обобщения для формулировки рекомендаций по развитию интеллектуальных транспортных систем. Информационной базой исследования послужили материалы открытых источников, периодических изданий, а также интернет-ресурсов, в том числе аналитических отчетов и материалов Федеральной службы государственной статистики.

Результаты: Основным научным результатом является определение направлений и этапов развития интеллектуальных транспортных систем в российских агломерациях на основе решаемых ими задач в области управления пассажирским городским транспортом. Кроме того, определен перечень эффектов, генерируемых развитием интеллектуальных транспортных систем. Выявлены проблемы, сдерживающие развитие интеллектуальных транспортных систем в российских агломерациях.

Заключение: в результате проведения исследования авторами сформированы этапы развития интеллектуальных транспортных систем, предполагающие их интеграцию с концепцией «Мобильность как услуга» в российских агломерациях. Результаты могут быть использованы как пассажирскими транспортными компаниями, так и государственными органами исполнительной власти в регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: городской транспорт, пассажирский транспорт, интеллектуальная транспортная система, пассажирские перевозки, мобильность населения, экономика транспорта, экономический эффект.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© M.E. Vasilyeva¹, E.M. Volkova², A.S. Romanov²¹ SPb State Unitary Enterprise "Gorelektrotrans"²Emperor Alexander I Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)**INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN RUSSIAN MEGACITIES:
THE ESSENCE, STRUCTURE AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT**

Aim: to develop directions and determine the stages of development of intelligent transport systems in Russian agglomerations, taking into account their essential features, the effects they generate and the existing problems.

Materials and Methods: in order to achieve the research goal, at the first stage, systematization and comparative analysis of scientific results obtained by Russian and foreign scientists on the chosen topic are used. At the second stage, the authors use the methods of summarizing and grouping the results obtained, statistical analysis. At the third stage, the generalization method is used to formulate recommendations for the development of intelligent transport systems. The information base of the study was materials from open sources, periodicals, as well as Internet resources, including analytical reports and materials from the Federal State Statistics Service.

Results: The main scientific result is to determine the directions and stages of development of intelligent transport systems in Russian agglomerations based on the tasks they solve in the field of urban passenger transport management. In addition, a list of effects generated by the development of intelligent transport systems has been defined. The problems hindering the development of intelligent transport systems in Russian agglomerations have been identified.

Conclusion: as a result of the research, the authors have formed the stages of development of intelligent transport systems, suggesting their integration with the concept of "Mobility as a service" in Russian agglomerations. The results can be used by both passenger transport companies and state executive authorities in the regions of the Russian Federation.

Key words: urban transport, passenger transport, intelligent transport system, passenger transportation, population mobility, transport economics, economic effect.

ВВЕДЕНИЕ

Растущая урбанизация представляет собой серьезную многофакторную глобальную проблему, требующую целенаправленного развития системы управления различными функциональными сферами, в том числе транспортной. Численность населения, проживающего в городах, постоянно увеличивается и по прогнозам ООН к 2030 составит около 4,9 млрд человек [1]. Зависимость качества жизни городского населения от уровня развития транспортных систем значительно возросла, поскольку в настоящий период происходит обострение проблем в области транспорта: недостаточная пропускная и провозная способность видов

транспорта, неравномерность развития инфраструктуры, рост потерь времени в пути, увеличение количества ДТП и других.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) обладают значительным потенциалом для решения проблем, являющихся следствием урбанизации: с помощью распространения информации о дорожной обстановке снижают нагрузку на улично-дорожную сеть городских территорий, обеспечивают безопасность движения за счет обработки большого объема данных, поступающих из различных источников, способствуют более эффективному использованию существующей транспортной инфраструктуры путем внедрения элементов управления движением и перераспределения транспортных потоков.

На данный момент продолжается укрупнение имеющихся городских поселений, что приводит к формированию полицентрических агломераций. Величина и степень проявления агломерационного эффекта в национальной экономике во многом определяется уровнем развития городской инфраструктуры, в том числе транспортной, в развивающихся агломерациях, и рациональной организацией управления потоками транспортных средств и пассажиров. В настоящий период имеется значительное число научных исследований и публикаций, посвященных развитию пассажирских транспортных систем в агломерациях, в том числе основанных на использовании элементов ИТС и концепции «Мобильность как услуга». Среди их авторов можно выделить М.А. Лякину [2], Н.А. Журавлеву [3], И.М. Гулого [4], Т.Г. Шульженко [5] и др.

Значительное количество исследований, посвященных цифровым транспортным технологиям, выполнено зарубежными учеными. Так, в статье [6] рассматриваются технико-технологические элементы, необходимые для функционирования интеллектуальной транспортной системы. В работе [7] исследуются вопросы трансформации перевозочного процесса с позиции инновационной теории. Авторы исследований [8], [9], [10], [11] обосновывают использование big data и нейронных сетей в качестве инструментов для формирования интеллектуальных транспортных систем. При возрастающем интересе научного сообщества к проблематике интеллектуальных транспортных систем большая часть исследований посвящена техническим вопросам, что является обоснованным ввиду наличия сложностей во внедрении новых технико-технологических достижений в текущие производственные процессы.

Кроме того, хотелось бы отметить малое количество научных исследований, обосновывающих рекомендации по развитию ИТС с учетом их сущности и специфики развития в российских агломерациях, в том числе в увязке с достигаемыми экономическими, финансовыми и социальными эффектами.

Подчеркнем, что ИТС появляются в агломерациях не только как результат научно-технического прогресса в транспортной отрасли, но и как

ответ на растущую мобильность населения. Имеющиеся инфраструктурные ограничения, негативно влияющие на мобильность городского населения, могут быть частично сняты посредством внедрения новых технологий управления дорожным движением и иных элементов интеллектуальных транспортных систем (ИТС). В то же время успешное развитие технологий ИТС обеспечивается на предварительном этапе транспортным планированием и определением места и роли каждого вида транспорта в городской транспортной системе. Для решения этой задачи следует определить понятие интеллектуальной транспортной системы, состав и взаимосвязи ее элементов, а также потенциальные эффекты ее функционирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения цели исследования авторами был проведен анализ российских и зарубежных научных публикаций по теме исследования, а также государственного стандарта ГОСТ Р 56294–2014 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». В результате систематизации их результатов, сравнительного анализа определений была определена сущность ИТС, выделены уровни ее структуры и сформированы задачи управления пассажирским транспортом, которые могут быть решены с применением интеллектуальных транспортных систем.

Далее был проведен анализ публикаций российских авторов, а также статистических данных, который позволил систематизировать эффекты, генерируемые развитием ИТС в агломерации, выделить проблемы их развития в российских городах, а также сформировать рекомендации по их применению.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В Табл. 1 представлено несколько определений ИТС, отличающихся перечнем выделяемых параметров.

Таблица 1. Систематизация определений понятия «Интеллектуальная транспортная система»

| Определение | Автор(-ы) или источник |
|---|---|
| Комплексное использование сенсорных, компьютерных, электронных и коммуникационных технологий, а также стратегий управления для повышения безопасности и эффективности наземной транспортной системы | McGregor, R.V.; Eng, P.; MacIver, A. |

| Определение | Автор(-ы) или источник |
|--|--|
| Широкий спектр организационных и технологических систем, которые обеспечивают эффективную оптимизацию транспортных потоков и бесперебойное транспортное сообщение, сокращая количество узких мест транспортной сети. | Intelligent Transport Systems (ITS) for sustainable mobility |
| Применение технологий анализа, управления и связи на наземном транспорте с целью повышения безопасности, мобильности и эффективности. | Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS) |
| Современные беспроводные, электронные и автоматизированные технологии, позволяющие интегрировать транспортные средства (транзитные, грузовые и личные), пользователей системы и инфраструктуру (дороги и транспорт). | Shaheen, S., Finson, R. |
| Сочетание высоких технологий и достижений в области информационных систем, связи, датчиков и передовых математических методов с инфраструктурой наземного транспорта. | Sussman, J. S. |
| Система автоматизированного взаимодействия между транспортными средствами и инфраструктурой для достижения высокого уровня безопасности, комфорта и оперативности в области транспортных коммуникаций. | Daniel, A., Paul, A., Ahmad, A. et al. |
| Интеграция системы связи и информационных технологий, предназначенная в первую очередь для повышения безопасности и эффективности транспортной сети. | Тураева Н., Парманкулов С., Эшмурадов Д. |
| Системы, создаваемые на основе интеграции средств автоматизации контроля и управления транспортом, информационных и коммуникационных технологий, ГНСС, динамических геоданных и единой информационной среды в транспортную инфраструктуру, транспортные средства, ориентированные на повышение безопасности и эффективности транспортных потоков и пользователей транспорта. | Маркелов В. М., Соловьев И. В., Цветков В. Я. |

Источник: составлено авторами

Несмотря на заметную разницу в перечисляемых характеристиках ИТС, все исследователи сходятся в принципиальном значении информационных технологий для реализации ИТС. Основой ИТС являются информационно-коммуникативные системы, соединяющие технические элементы: датчики, средства наблюдения, спутники, базы данных и т. д.

Анализ состава элементов позволяет заключить, что ИТС в агломерациях имеют сложную структуру, которая включает ряд взаимосвязанных функциональных подсистем, которые могут применяться как в комплексе, так и изолированно. Перечень подсистем ИТС и их функций для агломераций представлен в Табл. 2. Таким образом, внедрение ИТС призвано решить важнейшие транспортные задачи: разгрузить транспортную инфраструктуру, повысить эффективность использования ресурсов пассажирского транспортного комплекса и качество обслуживания городского населения и др.

Таблица 2. Подсистемы ИТС и их функции для агломерации

| Подсистема ИТС | Функция |
|---|--|
| Управления транспортными потоками | Регулирование загруженности улично-дорожной сети путем сдерживания растущих транспортных потоков в «узких местах» |
| Управления парками транспортных средств | Достижение баланса спроса и предложения на транспортные услуги посредством передислокации транспортных средств |
| Обеспечения безопасности дорожного движения | Информирование водителей и причастных органов власти о скорости транспортных потоков, пробках и ДТП, фотовидеофиксация нарушений ПДД |
| Взаимодействия транспортных средств с дорожной инфраструктурой / другими транспортными средствами | Регулирование фаз светофоров в целях обеспечения приоритетного движения общественного транспорта, отслеживание движения и расчет времени ожидания общественного транспорта на остановках |
| Системы экологического контроля за выбросами транспортных средств и их минимизации | Оперативное отображение информации с сигнализацией о превышении допустимых (фоновых) значений показателей в зоне влияния автомобильных дорог |
| Системы управления парковками | Мониторинг, подготовка и передача данных о наличии свободных объектов парковочного пространства |
| Системы взимания платы за проезд | Автоматическая оплата проезда в общественном пассажирском транспорте всех видов с использованием бесконтактных смарт-карт (БСК) и банковских карт |

Источник: составлено авторами

При внедрении в транспортные системы новых технологий приоритет отдается четырем ключевым принципам: устойчивости, интеграции, безопасности и оперативности. Для эффективного функционирования интеллектуальных транспортных систем выделяют три уровня (Рис. 1).



Рис. 1. Уровни структуры ИТС

Источник: составлено авторами

Итак, в большинстве определений (Табл. 1) содержание ИТС определяется в техническом аспекте (состав элементов, применяемые методы и средства), однако при этом упоминаются и цели ее внедрения, а также генерируемые ИТС эффекты на уровне транспортной системы (повышение мобильности населения, рост эффективности, безопасности, комфортности, ликвидация «узких мест»). Акцент делается как на эффективном использовании ресурсов транспортных систем, так и на возможности роста мобильности населения, сокращения временных и денежных потерь, повышения качества пассажирских транспортных услуг, их безопасности и экологичности. ИТС на современном этапе развития транспортных систем становятся **инструментом управления**, обеспечивающим рост эффективности использования ресурсов пассажирской транспортной системы и появление положительных экстерналий, в том числе агломерационного эффекта. На наш взгляд, эффекты, обусловленные внедрением и работой ИТС, имеет смысл систематизировать как с точки зрения содержания, так и с точки зрения выгодоприобретателей (Рис. 2).

Обратимся далее к российскому опыту внедрения ИТС. В Российской Федерации термин *Интеллектуальная транспортная система* (ИТС) впервые формально был определен в п. 2.1. ГОСТ Р 56294–2014 следующим образом:

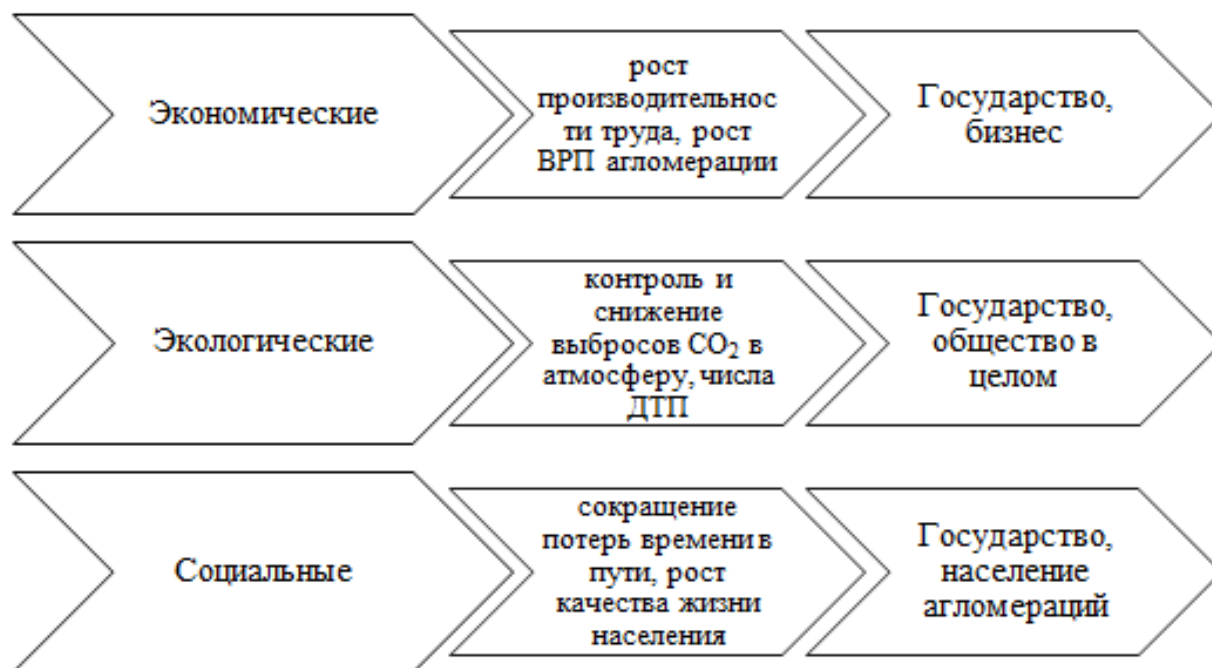


Рис. 2. Систематизация эффектов, генерируемых внедрением и работой ИТС

Источник: составлено авторами

ИТС – система, интегрирующая современные информационные, коммуникационные и телематические технологии, технологии управления и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта. Данное определение соответствует законодательной базе Российской Федерации и гармонизировано с международными стандартами. Его содержание соответствует авторским определениям, представленным в Табл. 1. Более того, в дефиниции подчеркивается организационно-управленческий аспект и цель обеспечения роста мобильности населения.

В Российской Федерации производится внедрение ИТС, однако носит фрагментарный характер. Принят к реализации национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [12], а также связанные с ним федеральные проекты в области дорожного хозяйства и автомобильного транспорта; запущен проект «Автодата» по сбору автомобильных данных [13]; ведутся разработки новых элементов транспортных систем (системы весогабаритного контроля без остановки ТС и др.), формируются проекты, связанные с применением новых прорывных технологий (беспилотный транспорт, магнитолевитационный

транспорт) [14, 15]. Дальнейшее внедрение и интеграция элементов различных уровней структуры ИТС позволят в перспективе перейти к практической реализации концепции «Мобильность как услуга» (MaaS) в российских агломерациях.

Концепция «Мобильность как услуга» предусматривает клиентоориентированный подход: управление транспортным поведением пассажиров и качеством транспортного обслуживания. Логическая взаимосвязь этапов внедрения ИТС и MaaS в целях повышения качества комплексного транспортного обслуживания населения агломераций представлена на Рис. 3.

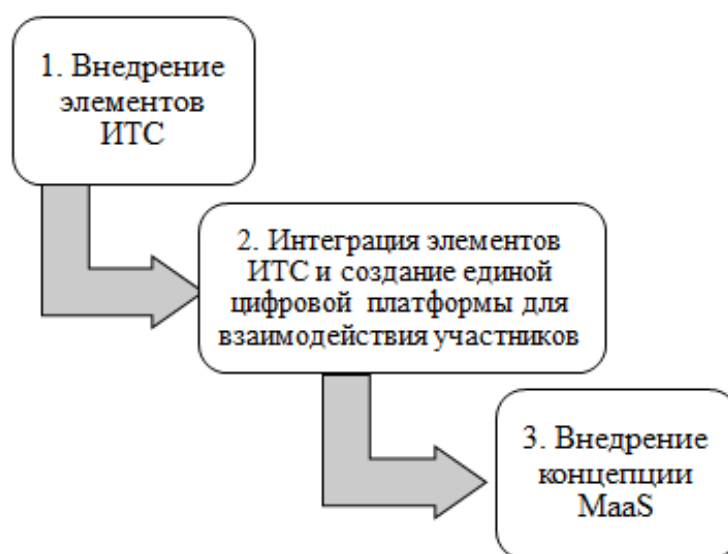


Рис. 3. Этапы повышения качества комплексного транспортного обслуживания населения в агломерациях

Источник: составлено авторами

Концепция («Мобильность как услуга») целесообразна к внедрению после предварительной интеграции элементов ИТС и создания цифровых возможностей для планирования, маршрутизации и оплаты мультимодальных поездок.

В отечественных агломерациях на настоящий момент реализован первый этап повышения качества комплексного транспортного обслуживания населения (Рис. 3). Для эффективного функционирования ИТС и получения синергетического эффекта от взаимодействия ее элементов, в свою очередь, необходим переход ко второму и третьему этапам. Второй этап возможно реализовать за счет создания квазиинтегрированной структуры – кластера транспортных компаний городских агломераций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ информационных источников по теме исследования позволил заключить, что на современном этапе систем управления городским пассажирским транспортом в агломерациях ИТС становятся одним из важных инструментов, позволяющих решить транспортную проблему и обеспечить возможности роста мобильности населения.

Проведенный анализ показал целесообразность повышения эффективности использования ресурсов пассажирского транспортного комплекса и качества транспортного обслуживания населения за счет внедрения ИТС. Организационно-управленческий потенциал ИТС может быть реализован при использовании концепции MaaS («Мобильность как услуга»), внедрение которой предполагает интеграцию элементов ИТС на трех уровнях: сетевом, транспортном и институциональном. В российских агломерациях в настоящее время целесообразным является переход к интеграции внедренных элементов ИТС. Для решения этой задачи в агломерации может быть создан кластер транспортных компаний, в рамках которого будет происходить интегрированное планирование и внедрение цифровых решений в пассажирскую транспортную систему.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Current World population [Internet]. [cited 01.12.23]. Available from: <https://www.worldometers.info/world-population/>.
2. Рахимов О.О., Лякина М.А. Цифровая платформа как элемент управления транспортной системой городской агломерации // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы. сборник трудов LXXXII Всероссийской научно-технической конференции. – 2022. – с. 101–105. [Rahimov OO, Lyakina MA. Cifrovaya platforma kak element upravleniya transportnoj sistemoj gorodskoj aglomeracii In: *Proceedings of the National Scientific and Practical Conference "Transport: problemy, idei, perspektiv"*. 2022 April; St. Petersburg. pp. 101-105. (In Russ.)] Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49981402> Ссылка активна на 01.12.23.
3. Журавлева Н.А., Никитин А.Б. Экономическая безопасность интеллектуальных транспортных систем. – СПб: ООО «ИНСЭИ-оценка», 2022. – 119 с. [Zhuravleva NA, Nikitin AB. *Ekonomicheskaya bezopasnost' intellektual'nyh transportnyh sistem*. St. Petersburg: INSEI-ocenka; 2022. 119 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 01.12.23. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49703263>
4. Гулый И.М. Методология оценки экономических эффектов инвестирования в цифровые технологии на транспорте // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 4. – с. 124–133. [Guliy IM. Methodology for assessing the

- economic effects of investing in digital technologies in transportation. *Transportation Systems and Technology*. 2019;4(4):124-133. (Russ, Eng.]. doi: 10.17816/transsyst201954124-133
5. Шульженко Т.Г., Жук А.Е., Иванова Д.П. Логистика новой городской мобильности: ценностно ориентированный подход / под ред. Шульженко Т.Г. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 546 с. [SHul'zhenko TG, ZHuk AE, Ivanova DP. *Logistika novoj gorodskoj mobil'nosti: cennostno orientirovannyj podhod*. SHul'zhenko TG, editor. Moscow: INFRA-M; 2014. 546 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://naukaru.ru/ru/nauka/monography/2823/view> Ссылка активна на 01.12.23.
 6. Agafonova N, Pokrovskaya OD, Merkulina IA. Digital transformation of logistics and SCM. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*. 2019: 522-529. doi: 10.15405/epsbs.2020.04.67
 7. Singh B, Gupta A. Recent trends in intelligent transportation systems: a review. *Journal of Transport Literature*. 2015;(9):30-34. doi: 10.1590/2238-1031.jtl.v9n2a6
 8. Hasegawa T. Toward the mobility-oriented heterogeneous transport system based on new ICT environments – Understanding from a viewpoint of the systems innovation theory. *IATSS Research*. 2018;42(2):40-48. doi: 10.1016/j.iatssr.2018.07.001
 9. Sumalee Agachai, Ho HW. Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. *IATSS Research*. 2018;42(2):67-71. doi: 10.1016/j.iatssr.2018.05.005
 10. Qureshi K, Abdullah H. A Survey on Intelligent Transportation Systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 2013;15:629-642. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.15.5.11215
 11. Oladimeji D, Gupta K, Kose NA, et al. Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. *Sensors*. 2023;23(8):3880. doi: 10.3390/s23083880
 12. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги». [Pasport nacional'nogo proekta “Bezopasnye i kachestvennyye avtomobil'nye dorogi”. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на 01.12.23. Доступно по: <https://www.consultant.ru/>
 13. Национальный стандарт «Платформа «Автодата» (ГОСТ Р 59237-2020). [Nacional'nyj standart “Platforma “Avtodata” (GOST R 59237-2020) [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на 01.12.23. Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200177414?ysclid=lps0dlu86652362274>
 14. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю., Соколова Я.В. Методика оценки эффектов от реализации проектов строительства новых линий пассажирского магнитолевитационного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 161–173. [Smirnov SA, Smirnova OY, Sokolova IV. Approach of evaluation the effects from implementation the projects of construction new passenger maglev lines. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(1):161-173. (Russ., Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst202061161-173
 15. Коробеев А.И., Чучаев А.И. Беспилотные транспортные средства: новые вызовы общественной безопасности. *Lex Russica*. 2019;2(147):9-28. [Korobeev AI, CHuchaev AI. Bepilotnye transportnye sredstva: novye vyzovy obshchestvennoj bezopasnosti. *Lex Russica*, 2019;2(147):9-28. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/bespilotnye-transportnye-sredstva-novye-vyzovy-obshchestvennoj-bezopasnosti>. Ссылка активна на 01.12.23.

Сведения об авторах:**Волкова Елена Михайловна**, к.э.н., доцент;

eLibrary SPIN:6886-5796; ORCID: 0000-0003-0620-463X;

E-mail: moonlight34@ya.ru

Васильева Мария Евгеньевна, специалист;

E-mail: m.petrova@spbget.ru

Романов Алексей Станиславович, к.э.н., старший преподаватель;

SPIN: 4634-9738; ORCID: 0000-0001-9088-4361

E-mail: Alexey-95-31@mail.ru

Information about the authors:**Elena M. Volkova**, Candidate of Economic Sciences, associate professor;

eLibrary SPIN:6886-5796; ORCID: 0000-0003-0620-463X;

E-mail: moonlight34@ya.ru

Maria E. Vasilyeva, specialist;

E-mail: m.petrova@spbget.ru

Alexey S. Romanov, Candidate of Economic Sciences, lecturer;

SPIN: 4634-9738; ORCID: 0000-0001-9088-4361;

E-mail: alexey-95-31@mail.ru

Цитировать:

Васильева М.Е., Волкова Е.М., Романов А.С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2023. – Т. 9. – № 4. – С. 117–128. doi: 10.17816/transsyst202394117-128

To cite this article:

Vasilyeva ME, Volkova EM, Romanov AS. Intelligent transport systems in russian megacities: the essence, structure and directions of development. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(4):117-128. doi: 10.17816/transsyst202394117-128