

В.В. Сиваков, В.В. Камынин, П.В. Тихомиров

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК (НА ПРИМЕРЕ Г. БРЯНСКА)

Пассажирский транспорт является одним из основных элементов, обеспечивающих комфортную и безопасную городскую среду. Для правильной организации его движения необходимо исследование существующих пассажиропотоков. Развитие пассажирского транспорта также должно идти в направлении цифровизации и повышения удовлетворенности пассажиров уровнем оказываемых транспортных услуг. Объектом исследования в настоящей статье являются пассажирские перевозки общественным транспортом в г. Брянске. Рассмотрена действующая транспортная сеть общественного транспорта города, приведена концепция ее развития. Проанализировано состояние подвижного состава. Представлены примеры развития городского пассажирского транспорта в г. Брянске. В 2020 г. продолжается масштабное строительство ряда городских дорог. Активно строятся дорожные развязки, при этом вместо светофорного регулирования применяются кольцевые развязки, что приводит к увеличению пропускной способности развязки и средней скорости движения.

Для повышения безопасности движения и ограничения доступа пешеходов на ряде реконструируемых или создаваемых улиц устанавливаются металлические ограждения, на разделительной полосе ряда дорог устанавливаются ограничительные столбики, широко внедряются дорожные камеры слежения. Процесс образования пассажиропотоков определяется потребностями жителей совершать перемещение с целью посещения того или иного объекта, что обуславливает необходимость получения и обработки информации о пассажиропотоках.

Технологической основой внедрения информационных технологий на транспорте являются беспроводная связь, информационные технологии, средства измерения, а также мониторинг транспорта.

Таким образом, внедрение информационных технологий для организации пассажироперевозок позволяет достичь: сокращения затрат на покупку топлива до 50 %; сокращения пробега до 30 %; сокращения нецелевого использования техники до 100 %; исключения простоя техники; повышения трудовой дисциплины водительского состава; повышения безопасности перевозок; соблюдения графиков перевозок.

Дальнейшее совершенствование городских пассажирских перевозок позволит сделать городскую среду более безопасной и комфортной.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, пассажиропоток, маршрутное транспортное средство, маршрутная транспортная сеть, интервальность движения, организация перевозок, качество услуг.

V.V. Sivakov, V.V. Kamynin, P.V. Tikhomirov

Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russian Federation

IMPROVEMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION (BY THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRYANSK)

The object of the research in this paper is passenger transportation by public transport in the city of Bryansk. In the paper the current transport network of public transport of the city is examined, and the concept of its development is presented. The condition of the rolling stock is analyzed. Passenger transport is one of the key elements providing comfortable and safe urban environment. It is necessary to study the existing passenger flows for the correct organization of the traffic. The development of passenger transport should also go towards digitalization and increase passengers' satisfaction with the level of transport service provided. In the paper the examples of the development of urban passenger transport in the city of Bryansk are presented. In 2020 a large-scale construction of a number of city roads is being continued. Road junctions are being actively built, and roundabouts are used instead of traffic light regulation, which leads to an increase in the throughput of the junctions and an increase in the average velocity of the traffic.

To increase traffic safety and restrict pedestrian access, metal fences are installed on a number of streets under reconstruction or under construction, restrictive posts are installed on dividing strips on a number of roads, and road surveillance cameras are widely introduced. The process of formation of passenger flows is determined by the needs of residents to move in order to visit a particular object, which necessitates the receipt and processing of the information on passenger flows.

The technological basis for the introduction of information technologies in transport are wireless communication, information technologies, measuring instruments, as well as transport monitoring.

Thus, the introduction of information technologies for the organization of passenger transportation allows to achieve the reduction of fuel purchase costs up to 50 %, the reduction of mileage up to 30 %, the reduction of inappropriate use of equipment up to 100 %, the elimination of equipment downtime, the increase of the labor discipline of the drivers, the improvement of transportation safety, and the adherence to transportation schedules.

Further improvement of urban passenger transportation will allow making the urban environment safer and more comfortable.

Keywords: urban passenger transport, passenger flow, public transport vehicle, public transport network, interval of movement, organization of transportation, quality of service.

Город Брянск расположен в Центральной части России, является областным центром Брянской области, находящейся на западе РФ и граничащей с Украиной и Республикой Беларусь. Брянск занимает площадь 186 км², в него входят четыре городских района: Бежицкий, Володарский, Советский, Фокинский – и три поселка: Радица-Крыловка, Большое Полпино и Белые Берега, расположенных на значительном удалении друг от друга. В городе проживает более 420 тыс. человек. Является крупным транспортным узлом, через который проходят федеральные трассы М-3 «Украина» и А-240 (бывшая М13) Москва – Гомель и далее Брест, а также крупным железнодорожным узлом Московской железной дороги, рядом с городом расположен международный аэропорт «Брянск».

Городские пассажирские перевозки выполняются наземным транспортом по 102 маршрутам, из которых муниципальным транспортом обслуживаются 47 автобусных (длиной от 4 до 40 км) и 13 троллейбусных маршрутов (длиной от 5 до 20 км), коммерческим транспортом – 42 маршрута (длиной от 9 до 42 км) [1, 2].

Качество городских пассажирских перевозок определяется следующими факторами:

- состоянием используемого при перевозках подвижного состава;
- состоянием улично-дорожной сети города;
- уровнем организации дорожного движения;
- используемыми информационными сервисами.

Рассмотрим их подробнее.

Для эффективной организации городских пассажирских перевозок необходимо принятие официального документа на уровне города или области, в котором будут взаимоувязаны рассмотренные ранее направления совершенствования. Например, в г. Брянске развитие маршрутной сети городского пассажирского транспорта производится в соответствии с «Концепцией развития транспорта общего пользования города Брянска на период 2015–2025 годы» [3].

По состоянию на 2017 г. муниципальные автобусы г. Брянска практически исчерпали свой ресурс и требовали незамедлительной замены. Руководство города и области приняло решение об их постепенной замене, и к 2020 г. парк автобусов заменен на 100 % (150 автобусов средней и большой вместимости). Новый современный низкопольный подвижной состав (ЛиАЗ, МАЗ) позволил создать более комфортные условия перевозок для пассажиров, в том числе использующих инвалидные коляски, соблюдать маршрутное расписание движения автобусов, а также увеличить почти на 25 % количество маршрутов, при этом длина маршрутов составляет от 4 до 40 км.

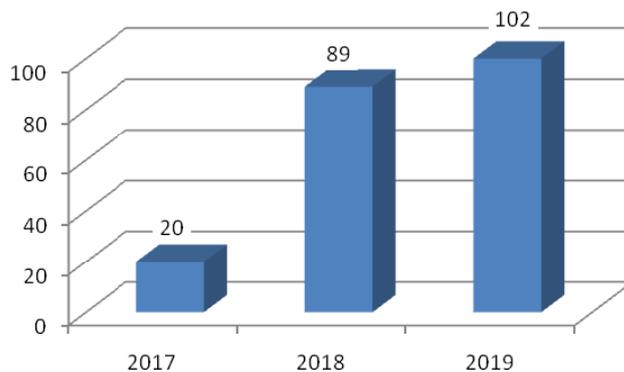


Рис. 1. Динамика обновления автобусного парка в г. Брянске

В настоящее время готовится проект по замене применяемых троллейбусов в количестве 90 шт. (средний возраст троллейбусов – более 15 лет, изношенность достигает 98 %) на современные модели.



Рис. 2. Состояние используемых троллейбусов

Разработка новых и корректировка существующих маршрутов должна осуществляться на основе изучения пассажиропотоков [4–13], для чего в городе впервые за последнее время (2017–2018 гг.) проведено обследование пассажиропотока силами городских муниципальных предприятий на муниципальном транспорте (автобусные и троллейбусные маршруты), ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет» провел обследование 4 маршрутов коммерческого пассажирского транспорта. При этом повышения эффективности процесса возможно достичь при условии применения информационных технологий [14, 15].

В городе осуществляется точечная застройка и строятся новые кварталы, требующие расширения или строительства новых дорог. В этом направлении в г. Брянске и Брянской области идет активная работа. Так, с 2014 г. в Брянске отремонтировали 235 км дорог, построили три крупных моста. Дорожный фонд в период с 2014 по 2019 г. составил 19 млрд руб. В 2020 г. продолжается масштабное строительство ряда городских дорог. Активно строятся дорожные развязки, при этом вместо светофорного регулирования применяются кольцевые развязки (рис. 3), что, по данным авторов [16, 17], приводит к увеличению пропускной способности развязки и средней скорости движения.

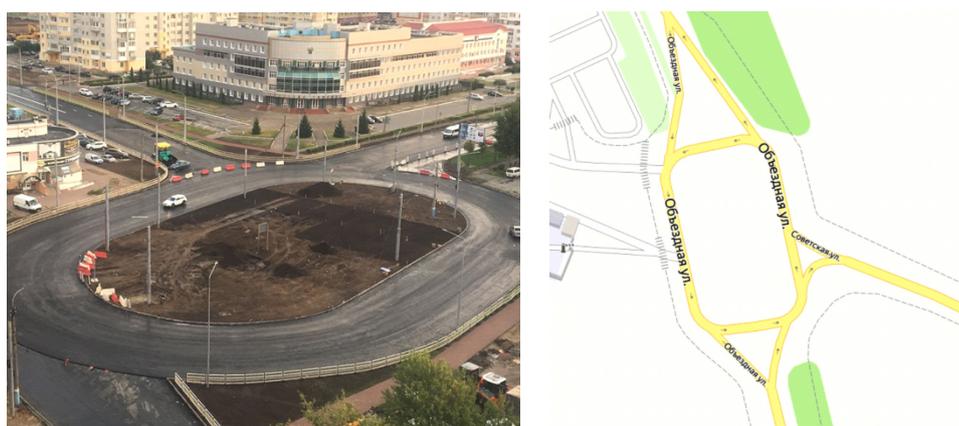


Рис. 3. Примеры строящихся кольцевых развязок в г. Брянске

Для повышения безопасности движения и ограничения доступа пешеходов на ряде реконструируемых или создаваемых улиц устанавливаются металлические ограждения (рис. 4), на разделительной полосе ряда дорог устанавливаются ограничительные столбики (рис. 5), широко внедряются дорожные камеры слежения (см. рис. 3, 4). Так, в настоящее время на брян-

ских дорогах в рамках системы «Безопасный регион» работает 68 камер фиксации нарушений, в том числе 46 стационарных, 17 передвижных и 5 мобильных, которые в 2019 г. зафиксировали 414 тыс. нарушений с общей суммой штрафов около 245 млн руб. [18].



Рис. 4. Металлическое ограждение проезжей части дороги

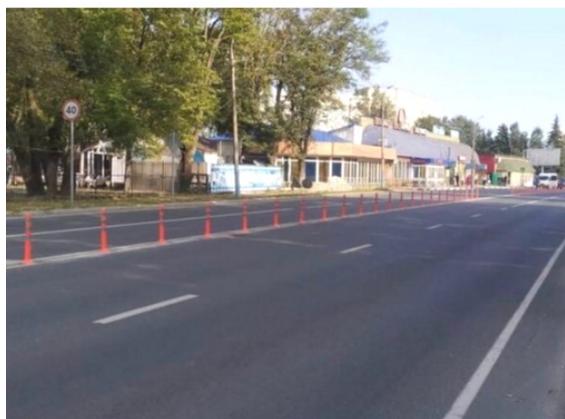


Рис. 5. Ограждение на разделительной полосе дороги



Рис. 6. Стационарная дорожная камера автоматической видеофиксации нарушений



Рис. 7. Мобильная дорожная камера автоматической видеофиксации нарушений

Процесс образования пассажиропотоков определяется потребностями жителей совершать перемещение с целью посещения того или иного объекта, что обуславливает необходимость получения и обработки информации о пассажиропотоках.

Технологической основой внедрения информационных технологий на транспорте являются:

- беспроводная связь;
- вычислительные технологии;
- средства измерения;
- мониторинг транспорта.

Основные направления развития информационных технологий для совершенствования перевозок и повышения их качества в г. Брянске представлены на рис. 8.

Для контроля движения муниципального пассажирского транспорта – автобусы и троллейбусы были оснащены оборудованием, позволяющим в режиме реального времени контролировать их нахождение с помощью GPS/ГЛОНАСС-приемников, на основании чего компания «Умный транспорт» организовала онлайн-доступ населения к информации о передвижении транспорта в режиме реального времени через сайт www.transport32.ru (рис. 9) и разработала скачиваемое бесплатное мобильное приложение «Умный транспорт» [19–21]. Если автобус приспособлен для использования маломобильными пассажирами, на сайте это отображается дополнительным значком.

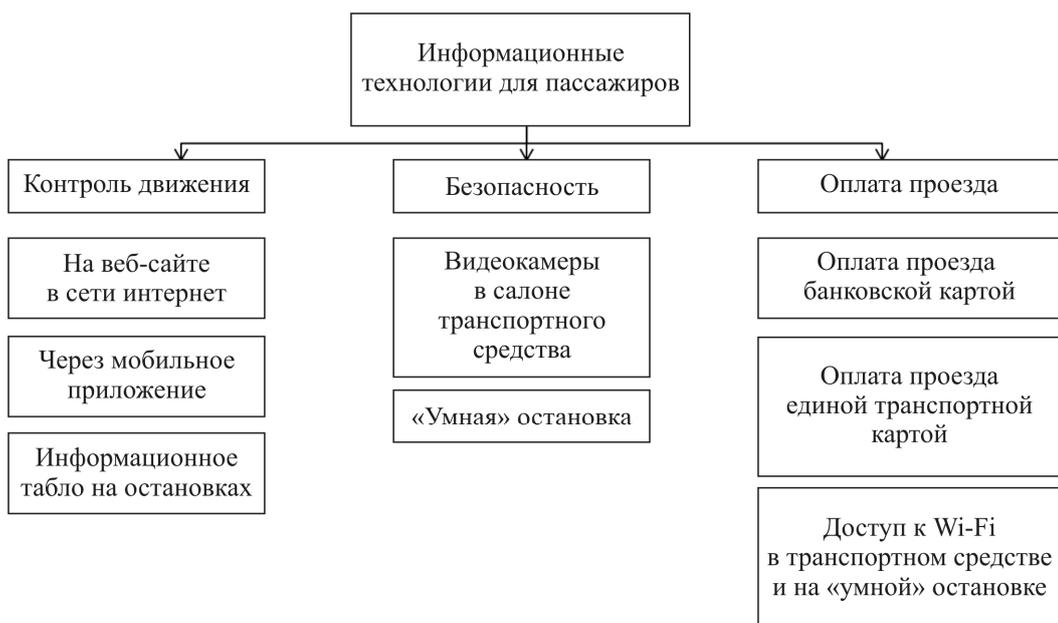


Рис. 8. Основные направления внедрения информационных технологий в г. Брянске

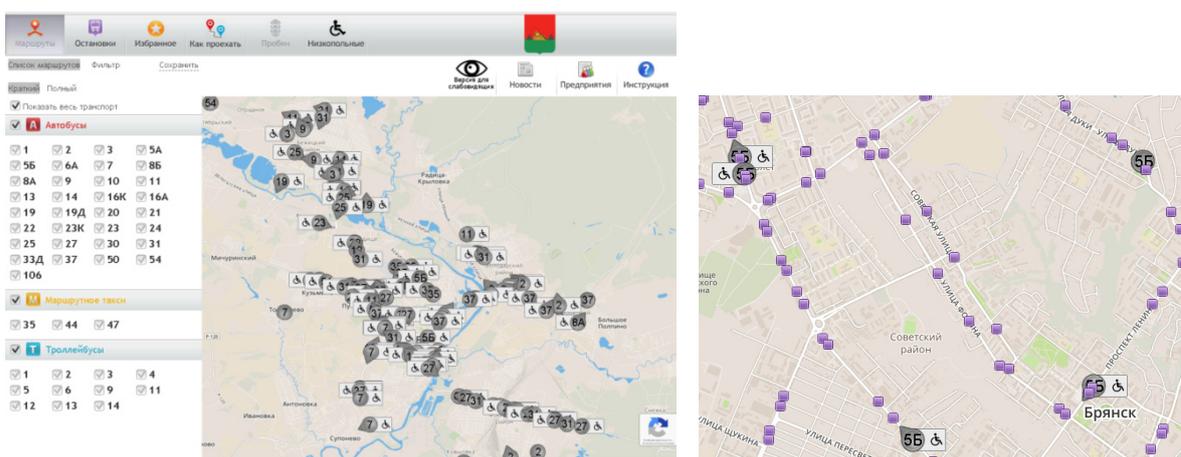


Рис. 9. Сайт системы отслеживания общественного транспорта г. Брянска (www.transport32.ru)

Для пассажиров, находящихся на остановке, на некоторых маршрутах, проходящих через центр города, размещены информационные табло, выводящие информацию о прибывающих автобусах или троллейбусах (рис. 10).



Рис. 10. Информационное табло на остановках

Для оплаты проезда на городском муниципальном транспорте Брянска действует электронная система оплаты проезда – вначале с помощью бесконтактных банковских карт платежных систем VISA, MasterCard, «Мир», а также со смартфона с приложениями Apple Pay, Android Pay, Samsung Pay (рис. 11), а с февраля 2019 г. посредством единых транспортных карт – ЕТК. Стоимость проезда по ЕТК – 18 руб., оплата по картам производится в салоне автобуса или троллейбуса, при помощи терминала кондуктора [21]. С октября 2020 г. началось внедрение безналичных платежей и на маршрутных транспортных средствах малой вместительности, принадлежащих частным компаниям или индивидуальным предпринимателям.



Рис. 11. Применение оплаты проезда по карте в общественном транспорте г. Брянска

Для повышения безопасности движения перед автобусом, а также контроля находящихся в автобусе пассажиров применяются видеорегистраторы, позволяющие накапливать данные о дорожной обстановке.

Таким образом, внедрение информационных технологий для организации пассажироперевозок позволяет достичь:

- сокращения затрат на покупку топлива до 50 %;
- сокращения пробега до 30 %;
- сокращения нецелевого использования техники до 100 %;
- исключения простоя техники;
- повышения трудовой дисциплины водительского состава;
- повышения безопасности перевозок;
- соблюдения графиков перевозок.

Дальнейшее совершенствование городских пассажирских перевозок позволит сделать городскую среду более безопасной и комфортной.

Список литературы

1. Боровая К.С., Сиваков В.В. Анализ организации транспортной сети муниципального транспорта г. Брянска // Экономика и эффективность организации производства. – 2018. – № 28. – С. 31–34.
2. Боровая К.С., Сиваков В.В. Исследование транспортной инфраструктуры города Брянска (улично-дорожной сети) // Экономика и эффективность организации производства. – 2018. – № 28. – С. 57–61.
3. Об утверждении «Концепции развития транспорта общего пользования города Брянска на период 2015–2025 годы» [Электронный ресурс]: Постановление БГА от 23-03-2015 № 772-п. – URL: http://bga32.ru/uploads/2016/06/bga32-ru-Post-772_23-03-2015.pdf (дата обращения: 10.09.2020).
4. Долматова Н.А., Николаев Н.Н. Исследование и совершенствование организации пассажирских перевозок в Ростовской области // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 2 (57). – С. 87–91.
5. Кузнецова Л.П., Семенихин Б.А., Алтухов А.Ю. Совершенствование организации пассажирских перевозок на маршрутах г. Курска // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – № 2 (53). – С. 98–104.

6. Анализ структуры, мощности и направлений пассажиропотоков в городе Орел / А.С. Бодров [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 1 (64). – С. 42–48.
7. Андреев К.П., Терентьев В.В. Пассажирские перевозки и оптимизация городской маршрутной сети // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 6 (73). – С. 156–161.
8. Моделирование оптимального интервала движения пассажирских автотранспортных средств / Н.Н. Якунин [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2018. – № 2. – С. 88–100. DOI: 10.15593/24111678/2018.02.10
9. Еремина А.В., Константинов С.Ю., Целищев Д.В. Разработка методики для определения необходимого количества автобусов городского пассажирского транспорта // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2018. – № 4. – С. 33–43. DOI: 10.15593/24111678/2018.04.04
10. Research status of behaviour decision-making for intelligent vehicles / Di Tan, Shuaishuai Liu, Ruixian Li, Kun Yang // International Journal of Vehicle Information and Communication Systems. – 2019. – Vol. 4, no. 3. – P. 279–297. DOI: 10.1504/IJVICS.2019.102228
11. Modelling and analysis of urban vehicle traffic congestion characteristics based on vehicle-borne network theory / Minglei Song, Rongrong Li, Binghua Wu, Minwo Lee // International Journal of Vehicle Information and Communication Systems. – 2020. – Vol. 5, no. 2. – P. 156–172. DOI: 10.1504/IJVICS.2020.108902
12. Multi-agent-based bus route optimisation for restricting passenger traffic bottlenecks in disaster situations / Sayaka Morimoto, Takahiro Jinba, Hiroto Kitagawa, Keiki Takadama, Takahiro Majima, Daisuke Watanabe, Mitujiro Katuhara // International Journal of Automation and Logistics. – 2016. – Vol. 2, № 1/2. – P. 153–177. DOI: 10.1504/IJAL.2016.074936
13. Farahani R.Z., Miandoabchi E., Szeto W.Y., Rashidi H. A review of urban transportation network design problems // European Journal of Operational Research. – 2013. – № 229. – P. 281–302. doi: 10.1016/j.ejor.2013.01.001
14. Тихомиров П.В., Сиваков В.В., Камынин В.В. Сравнительный обзор современных методов учета пассажиров // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 2 (61). – С. 85–94.
15. Сиваков В.В., Тихомиров П.В., Камынин В.В. Современные информационные технологии в области учета пассажиропотоков города // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 1 (64). – С. 80–88.
16. Оптимизация транспортной инфраструктуры городов/ В.А. Киселев [и др.] // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 138–140.
17. Оценка готовности Орловской городской агломерации к внедрению интеллектуальных транспортных систем / А.С. Бодров [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3 (70). – С. 64–71.
18. В Брянской области в 2019 году дорожные камеры на штрафовали водителей на 245 млн. рублей [Электронный ресурс]. – URL: <https://bryansk.news/2019/10/08/dorozhnye-kamery> (дата обращения: 01.10.2020).
19. Сиваков В.В., Боровая К.С. Внедрение информационных технологий при организации пассажирских маршрутных перевозок в г. Брянске // Транспортное дело России. – 2019. – № 4. – С. 98–99.
20. Общественный транспорт города Брянска: официальный сайт. – URL: <http://www.transport32.ru/> (дата обращения: 30.09.2020)
21. Мобильное приложение «Умный транспорт» для Android. – URL <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.bus32.SmartTransport&hl=ru> (дата обращения: 30.09.2020).

References

1. Borovaja K.S., Sivakov V.V. Analiz organizacii transportnoj seti municipal'nogo transporta g.Brjanska [The analysis of the organization of the transport network public transport in the city of Bryansk] *Jekonomika i jeffektivnost' organizacii proizvodstva*, 2018, № 28, pp.31-34.

2. Borovaja K.S., Sivakov V.V. Issledovanie transportnoj infrastruktury goroda Brjanska (ulichno-dorozhnoj seti) [Study of the transport infrastructure of the city of bryansk (the road network)] *Jekonomika i jeffektivnost' organizacii proizvodstva*, 2018, № 28, pp.57-61.
3. Postanovlenie BGA ot 23-03-2015 № 772-p Ob utverzhenii «Konceptii razvitiya transporta obshhego pol'zovanija goroda Brjanska na period 2015-2025 gody». (http://bga32.ru/uploads/2016/06/bga32-ru-Post-772_23-03-2015.pdf). – Provereno 10.09.2020.
4. Dolmatova N.A., Nikolaev N.N. Issledovanie i sovershenstvovanie organizacii passazhirskih perevozok v Rostovskoj oblasti [Research and improvement the organization of passenger transport in the Rostov region] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2017, № 2 (57), pp.87-91.
5. Kuznecova L.P., Semenihin B.A., Altuhov A.Ju. Sovershenstvovanie organizacii passazhirskih perevozok na marshrutah g. Kurska [Improving the organization of passenger traffic on the routes of Kursk] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2016, № 2 (53), pp.98-104.
6. Analiz struktury, moshhnosti i napravlenij passazhiropotokov v gorode Orel / A.S. Bodrov [i dr.] [Analysis of the structure, power and directions of passenger flows in the Orel] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2019, № 1 (64), pp. 42-48.
7. Andreev K.P., Terent'ev V.V. Passazhirskie perevozki i optimizacija gorodskoj marshrutnoj seti [Passenger transportation and optimization of the urban route network] // *Mir transporta*, 2017, T. 15, no. 6 (73), pp.156-161.
8. Modelirovanie optimal'nogo intervala dvizhenija passazhirskih avtotransportnyh sredstv / N.N. Jakunin [i dr.] [Modeling of optimal interval movement of passenger vehicles] *Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija*, 2018, №2, pp.88-100. doi: 10.15593/24111678/2018.02.10
9. Eremina A.V., Konstantinov S.Ju., Celishhev D.V. Razrabotka metodiki dlja opredelenija neobhodimogo kolichestva avtobusov gorodskogo passazhirskogo transporta [Development of method for determining the necessary number of buses of urban passenger transport] *Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija*, 2018, №4, pp.33-43. doi: 10.15593/24111678/2018.04.04
10. Di Tan, Shuaishuai Liu, Ruixian Li, Kun Yang. Research status of behaviour decision-making for intelligent vehicles // *International Journal of Vehicle Information and Communication Systems*, 2019, Vol.4, no.3, pp.279 – 297. doi: 10.1504/IJVICS.2019.102228
11. Minglei Song, Rongrong Li, Binghua Wu, Minwo Lee. Modelling and analysis of urban vehicle traffic congestion characteristics based on vehicle-borne network theory // *International Journal of Vehicle Information and Communication Systems*, 2020, Vol.5, no.2, pp.156 – 172. doi: 10.1504/IJVICS.2020.108902
12. Sayaka Morimoto, Takahiro Jinba, Hiroto Kitagawa, Keiki Takadama, Takahiro Majima, Daisuke Watanabe, Mitujiro Katuhara. Multi-agent-based bus route optimisation for restricting passenger traffic bottlenecks in disaster situations // *International Journal of Automation and Logistics*, 2016, Vol.2, no. 1/2, pp.153-177. doi: 10.1504 / IJAL.2016.074936
13. Farahani R. Z., Miandoabchi E., Szeto W. Y., Rashidi H. A review of urban transportation network design problems // *European Journal of Operational Research*, 2013, no.229, pp.281-302. doi: 10.1016/j.ejor.2013.01.001
14. Tihomirov P.V., Sivakov V.V., Kamynin V.V. Sravnitel'nyj obzor sovremennyh metodov ucheta passazhirov [Comparative review of modern methods of passengers accounting] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2018, № 2 (61), pp. 85-94.
15. Sivakov V.V., Tihomirov P.V., Kamynin V.V. Sovremennye informacionnye tehnologii v oblasti ucheta passazhiropotokov goroda [Modern information technologies in the field of passenger traffic accounting in the city] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2019, № 1 (64), pp.80-88.
16. Optimizacija transportnoj infrastruktury gorodov [Optimization of the transport infrastructure of cities] / V.A. Kiselev [i dr.] *Transportnoe delo Rossii*, 2018, № 5, pp.138-140.
17. Ocenka gotovnosti Orlovskoj gorodskoj aglomeracii k vnedreniju intellektual'nyh transportnyh sistem [Assessment of the readiness of the Orel city agglomeration to implement intelligent transport systems] / A.S. Bodrov [i dr.] *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2020, no.3 (70), pp.64-71.
18. V Brjanskoj oblasti v 2019 godu dorozhnye kamery nashtrafovali voditelej na 245 mln. rublej. (<https://bryansk.news/2019/10/08/dorozhnye-kamery>). Provereno: 01.10.2020 g.
19. Sivakov V.V., Borovaja K.S. Vnedrenie informacionnyh tehnologij pri organizacii passazhirskih marshrutnyh perevozok v g.Brjanske [The introduction of information technologies in the organization of passenger route transportation in Bryansk] *Transportnoe delo Rossii*, 2019, № 4, pp. 98-99.
20. Oficial'nyj sajt Obshhestvennyj transport goroda Brjanska: <http://www.transport32.ru/> (data obrashhenija 30.09.2020)
21. Mobil'noe prilozhenie "Umnyj transport" dlja Android. – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.bus32.SmartTransport&hl=ru> (data obrashhenija: 30.09.2020).

Получено 13.10.2020

Об авторах

Сиваков Владимир Викторович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологические машины и сервис», заместитель директора по учебной работе Института лесного комплекса, транспорта и экологии, Брянский государственный инженерно-технологический университет (241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3, e-mail: sv@bgitu.ru).

Камынин Виктор Викторович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и машиноведение» Брянского государственного инженерно-технологического университета (241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3, e-mail: kaf-mim@bgitu.ru).

Тихомиров Петр Викторович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспортно-технологические машины и сервис» Брянского государственного инженерно-технологического университета (241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3, e-mail: vtichomirov@mail.ru).

About the authors

Vladimir V. Sivakov (Bryansk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport and Technological Machines and Services, Deputy Director for Academic Work in Institute of Forest Complex, Transport and Ecology, Bryansk State University of Engineering and Technology (3, Stanke Dimitrov av., Bryansk, 241037, Russian Federation, e-mail: sv@bgitu.ru).

Viktor V. Kamynin (Bryansk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Material Science and Machine Science, Bryansk State University of Engineering and Technology (3, Stanke Dimitrov av., Bryansk, 241037, Russian Federation, e-mail: kaf-mim@bgitu.ru).

Peter V. Tichomirov (Bryansk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Technological Machines and Services, Bryansk State University of Engineering and Technology (3, Stanke Dimitrov av., Bryansk, 241037, Russian Federation, e-mail: vtichomirov@mail.ru).