УДК 656.11

© И. Н. Пугачёв, д-р техн. наук, профессор

© В. И. Щеглов, аспирант

© А. О. Клименкова, инженер

(Тихоокеанский государственный университет,
Хабаровск, Россия)

E-mail: 000665@pnu.edu.ru, 2016100550@pnu.edu.ru,
2015101397@pnu.edu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-240-247

© I. N. Pugachev, Dr. Sci. Tech., Professor

© V. I. Shcheglov, post-graduate student

© A. O. Klimenkova, engineer

(Pacific National University,
Khabarovsk, Russia)

E-mail: 000665@pnu.edu.ru, 2016100550@pnu.edu.ru,
2015101397@pnu.edu.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ И ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО СПРОСА ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДОКУМЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

METHODOLOGY FOR ASSESSING AVAILABILITY AND USER DEMAND FOR PUBLIC URBAN PASSENGER TRANSPORT STOPS WHEN DEVELOPING TRANSPORT PLANNING DOCUMENTS

Описана методика визуальной оценки доступности остановок общественного пассажирского транспорта в соответствии с СП 42.13330.2016. Предложен и описан метод математического моделирования пользовательского спроса остановок общественного пассажирского транспорта с применением диаграммы Вороного.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, транспортная инфраструктура, визуальная оценка, математическое моделирование, диаграмма Вороного, программа комплексного развития транспортной инфраструктуры, комплексная схема организации дорожного движения, комплексная схема организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом, городской пассажирский транспорт.

The paper describes a method of visual assessment of the availability of public passenger transport stops in accordance with SP (construction norms) 42.13330.2016. A method for mathematical modeling of user demand for public passenger transport stops using the Voronoi diagram is proposed and described.

Keywords: road network, transport infrastructure, visual assessment, mathematical modeling, Voronoi diagram, program for the integrated development of transport infrastructure, integrated traffic management scheme, integrated scheme for organizing public transport services for the population, urban passenger transport.

Введение

В последнее десятилетие в России активно развивается научное направление, связанное с планированием развития транспортной системы территории. В число документов территориально-транспортного планирования входят программа комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ), комплексная схема транспортного обслуживания населения (КСОТ) и комплексная схема организации дорожного движения (КСОДД) [1].

Объект исследования при разработке документов территориально-транспортного планирования — улично-дорожная сеть (УДС), для которой производится иерархизация, затем прово-

дится учет интенсивности дорожного движения, определяется состав транспортного потока и его плотность, проводится анализ работы городского пассажирского общественного транспорта. Главным инструментом, используемым при разработке документов территориально-транспортного планирования, для увязки мероприятий во времени и пространстве, является математическое моделирование [2, 3]. При разработке ПКРТИ, КСОДД и КСОТ выбор предлагаемых решений необходимо обосновать с помощью математической модели¹ [4].

¹ Приказ Министерства транспорта РФ от 26 декабря 2018 г. № 480 «Об утверждении Правил подготовки документации по организации дорожного движения», зарегистрированный в Министерстве юстиций 29 мая 2019 г.

Постановка проблемы

Развитие городского пассажирского общественного транспорта в целях организации транспортного обслуживания населения прежде всего зависит от плотности застройки и населения. Чем плотнее застройка и выше плотность населения, тем эффективнее использование транспорта общего пользования в сравнении с индивидуальным транспортом [5, 6, 7].

Перед нами стояла задача вырабатывать инструменты, технологии и решения по повышению эффективности функционирования городского пассажирского транспорта в уже сложившейся системе расселения, модели городского землепользования и транспортной системе [10].

Одной из фундаментальных проблем организации транспортного обслуживания населения, без решения которой невозможно дальнейшее развитие городского пассажирского транспорта общего пользования, является проблема доступности остановок общественного пассажирского транспорта [8].

В городе Хабаровске в настоящий момент в соответствии с программой БКАД проводится капитальный ремонт ул. Шелеста [9], на ее примере рассмотрим решение обозначенной проблемы.

После капитального ремонта число полос увеличится до четырех, тем самым увеличится и пропускная способность улицы Шелеста, также предусмотрены мероприятия по организации дорожного движения для снижения аварийности и увеличения скорости дорожного движения до нормативной. Эти предпосылки свидетельствуют о возможности увеличения трафика городского общественного транспорта в связи с возможным проложением новых маршрутов городского общественного транспорта г. Хабаровска через ул. Шелеста. Если новые маршруты будут использовать существующие остановки общественного транспорта, время ожидания пассажиров городского общественного транспорта на остановке, для людей, проживающих в границах влияния объекта, сократится [10].

Оценка доступности остановки общественного пассажирского транспорта

Для проведения оценки необходимы данные о местоположении остановок не только на рассматриваемом участке УДС, но и в границах влия-

ния объекта, название остановки и вид транспорта, который может останавливаться на данной остановке (рис. 1).

После добавления в модель «Остановок» для оценки доступности необходимо также ввести данные о домах в соответствии с их назначением (жилой дом/иного назначения/этап строительства).

В соответствии с СП 42.13330.2016² проведем оценку доступности остановок городского общественного пассажирского транспорта. Согласно пункту 11.24 дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта допускается принимать не более 500 м [11].

В качестве визуальной оценки доступности остановки можно использовать окружности заданного радиуса в соответствии с п. 11.24 СП 42.13330.2016, 500 м (рис. 2).

Для развития маршрутов общественного транспорта необходимо оценить влияние расположения остановок на рассматриваемом участке УДС на потребительский спрос населения, т. е. использование данных остановок местными жителями [12].

На рис. 2 показано, что местные жители, проживающие в границах влияния объекта, испытывают затруднения с пешеходными подходами до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта. Однако следует заметить, что общественным транспортом все же пользуются люди, проживающие за пределами 500 м от остановки. Но данный анализ, при своей наглядности, оценивает только доступность, но не оценивает потребительский спрос остановок [13].

Необходим метод создания цифровой модели, с помощью которой можно оценить пользовательский спрос на остановки. Мы предлагаем использовать диаграмму Вороного как основу такого метода.

Применение диаграммы Вороного [15] для определения потребительского спроса остановок

«Направлением» поездки при разработке тематической модели можно пренебречь, поэтому для внесения в модель «Остановки» необходимо считать ее координату как среднюю между

² СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* (с изм. № 1, 2).

Рис. 1. Данные о местоположении остановок

Рис. 2. Визуальная оценка доступности остановки

остановками, находящимися не далее 150 м друг от друга по воздушной линии и имеющими различные между собой направления движения общественного транспорта, либо разный тип подвижного состава [14].

Область, выделенная на рис. 3, называется многоугольником Вороного, т. е. расстояние из любой точки в границах многоугольника до остановки, лежащей внутри многоугольника, меньше расстояния до любой другой остановки.

Полученные в результате построения для каждой остановки многоугольники Вороного разбили территорию в границах влияния объекта выпуклыми многоугольниками — это разбиение называется диаграммой Вороного (рис. 4). Каждая остановка принадлежит одному многоугольнику Вороного, и наоборот, внутри каждого многоугольника Вороного находится только одна остановка.

На рис. 4 видно, какие районы формируют пользовательский спрос остановок, расположенных на ул. Шелеста.

Для дальнейшего анализа необходимо добавить информацию о домах, входящих в райо-

ны тяготения к остановкам, расположенным на ул. Шелеста, гораздо более обширную, чем для определения доступности (рис. 5).

Помимо назначения дома, необходимо определить его этажность и площадь (для многоквартирных домов).

Количество транспортных средств в г. Хабаровске — 330 на 1 тыс. жителей, коэффициент наполнения легкового автомобиля для г. Хабаровска — 1,29 [16–18].

В таблице сведены данные о площади многоквартирных домов и количестве частных домов, входящих в полигоны. Также определено количество жителей, использующих остановки общественного транспорта, исходя из соотношения — один проживающий на 20 м² для многоквартирного дома и 4 человека на 1 частный дом (в данной работе принято, что 20 % населения либо не совершают трудовые корреспонденции, либо работают/учатся в шаговой доступности).

Данный метод оценивает потребительский спрос остановки только у проживающих в границах влияния остановки и не оценивает ее в качестве «пересадочного узла».

Рис. 3. Построение многоугольника Вороного в границах влияния объекта

Рис. 4. Построение диаграммы Вороного в границах влияния объекта

Рис. 5. Информация о домах, входящих в районы тяготения к остановкам, расположенным на ул. Шелеста

Определения потребительского спроса остановок

Остановка	Площадь многоквартирных домов, м ²	Количество частных домов, шт.	Количество жителей, чел.	Использующие УДС для трудовых корреспонденций, чел.	Использующие остановку общественного транспорта, чел.
Воронежская	–	163	652	522	300
Топографическая	245 599,4	301	13 484	10 787	6195
Шелеста	36 410,27	698	4613	3690	2119

Вывод

Предложенный метод позволит городским проектировщикам вносить обоснованные изменения в Генплан города, изменять класс улиц и местных проездов в более высокие категории, иметь возможность организовывать на них перевозки общественным пассажирским транспортом для обеспечения комфортного проживания большего количества населения города.

Грамотный подход к разработке документов транспортного планирования позволяет проводить транспортную политику в интересах местного населения. Успешно такой комплекс мероприятий можно осуществить только при детальном планировании преобразований работы транспортной системы города.

Библиографический список

1. Брызгина Е. О. Транспортное планирование и интеллектуальные транспортные системы как драйверы развития городов России // Интеллектуальные транспортные системы России. 2019. № 11. С. 24–34.
2. Пугачев И. Н., Маркелов Г. Я., Кондратенко Т. Е., Куликов Ю. И. Стратегия развития транспортных систем городов России. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. 148 с.
3. Пугачёв И. Н. Методология разработки и реализации концепции безопасности дорожного движения программы мероприятий на территории субъекта (на примере Хабаровского края / И. Н. Пугачёв [и др.]. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. 352 с.
4. Пугачев И. Н., Маркелов Г. Я., Капский Д. В., Навой Д. В., Тормозов В. С., Щеглов В. И. Синергия подходов к совершенствованию интеллектуальных транспортных систем городов в России и Белоруссии. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2020. 205 с.
5. Пугачев И. Н., Каменчуков А. В., Щеглов В. И., Смирнова Н. Д. Технические, экономические и социальные аспекты, при выборе эффективного решения совершенствования дорожного движения в городах // Транспортные сооружения. 2020. № 2. URL: <https://t-s.today/PDF/24SATS220.pdf> (доступ свободный). DOI: 10.15862/24SATS220
6. Щеглов В. И., Пугачев И. Н. Характеристика существующей организации дорожного движения и анализ уровня безопасности дорожного движения г. Хабаровска // Материалы секционных заседаний 60-й студ. науч.-техн. конф. Инженерно-строительного института ТОГУ. Хабаровск, 2020. С. 114–120.
7. Якимов М. Р., Трофименко Ю. В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. М.: Логос, 2013. 447 с.
8. Пугачёв И. Н. Оценка качества дорожного движения на основе навигационной информации об условиях движения транспортных потоков / И. Н. Пугачев [и др.]. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 148 с.
9. Пугачёв И. Н., Маркелов Г. Я., Бурков С. М. Формирование ИТС. Методика исследования инфраструктуры на примере города Хабаровска. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. 126 с.
10. Щеглов В. И. Топографический анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях г. Хабаровск в границах улиц Пионерская, Ленина, Волочевская и пер. Трубный // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: Междунар. сб. науч. тр. ; под ред. А. В. Каменчукова. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. С. 260–265.
11. Воробьев Э. М., Капский Д. В. АСУ дорожным движением. Минск: УП НИИСА, 2005. 88 с.
12. Кондратенко Т. Е., Щеглов В. И. Моделирование транспортных потоков при реструктуризации маршрутной сети г. Хабаровска // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса : материалы национ. науч.-практ. конф. / отв. ред. И. Н. Пугачев. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. Т. 1, № 1. С. 276–279.
13. Щеглов В. И., Кондратенко Т. Е. Современные методы построения и корректировки матрицы корреспонденции при моделировании транспортных потоков // материалы секционных заседаний 58-й студ.

науч.-практ. конф. ТОГУ-2018. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. Т. 2. С. 393–400.

14. Навой Д. В., Рожанский Д. В. Описание алгоритма оптимизации сдвигов при координированном регулировании // Наука — образованию, производству, экономике: материалы 6-й междунар. науч.-техн. конф. Минск: БНТУ. 2008. Т. 2. С. 198.

15. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение / под ред. Ю. М. Банковского. М.: Мир, 1989. 478 с.

16. Пугачёв И. Н., Каменчуков А. В., Шешера Н. Г. Совершенствование методов оценки качества и безопасности дорожного движения. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 160 с.

17. Pugachev I. N., Kulikov Y. I., Markelov G. Ya., Sheshera N. G. (2017) Factor Analysis of Traffic Organization and Safety Systems [Transportation Research Procedia Volume 20, 12th International Conference “Organization and Traffic Safety Management in large cities”, SPbOTSIC-2016, 28–30 September 2016]. St. Petersburg, Russia. (2017). Pp. 529–535.

18. Пугачёв И. Н., Куликов Ю. И., Маркелов Г. Я., Липиц Л. М., Боре́йко А. Е. Особенности цифровой экономики в транспортной сфере // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 3 (76). С. 34–36.

References

1. Bryazgina E. O. *Transportnoe planirovanie i intellektual'nye transportnye sistemy kak drayvery razvitiya gorodov Rossii* [Transport planning and intelligent transport systems as drivers of the development of Russian cities]. *Intellektual'nye transportnye sistemy Rossii – Intelligent Transport systems of Russia*, 2019, no. 11, pp. 24–34.

2. Pugachev I. N., Markelov G. Ya., Kondratenko T. E., Kulikov Yu. I. *Strategiya razvitiya transportnykh sistem gorodov Rossii* [Strategy of development of transport systems of Russian cities]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2017, 148 p.

3. Pugachyov I. N. *Metodologiya razrabotki i realizatsii kontseptsii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya programmy meropriyatiy na territorii sub'ekta (na primere Khabarovskogo kraia)* [Methodology of development and implementation of the concept of road safety of the program of measures on the territory of the subject (on the example of the Khabarovsk Region)]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2016, 352 p.

4. Pugachev I. N., et al. *Sinergiya podkhodov k sovershenstvovaniyu intellektual'nykh transportnykh sistem gorodov v Rossii i Belorussii* [Synergy of approaches to improving intelligent transport systems of cities in Russia and Belarus]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2020, 205 p.

5. Pugachev I. N., Kamenchukov A. V., Shcheglov V. I., Smirnova N. D. *Tekhnicheskie, ekonomicheskie i sotsial'nye aspekty, pri vybere effektivnogo resheniya sovershenstvovaniya dorozhnogo dvizheniya v gorodakh* [Technical, economic and social aspects, when choosing an effective solution for improving road traffic in cities]. *Transportnye sooruzheniya – Transport Facilities*, 2020, no. 2. Available at: <https://t-s.today/PDF/24SATS220.pdf> (open access). DOI: 10.15862/24SATS220

6. Shcheglov V. I., Pugachev I. N. *Kharakteristika sushchestvuyushchey organizatsii dorozhnogo dvizheniya i analiz urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya g. Khabarovska* [Characteristics of the existing organization of road traffic and analysis of the level of road traffic safety in Khabarovsk]. *Trudy sektionnykh zasedaniy 60-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Inzhenerno-stroitel'nogo instituta TOGU* [Proceedings of the sessions of the 60-th Student scientific and technical conference of the Engineering and Construction Institute of TOGU]. Khabarovsk, 2020, pp. 114–120.

7. Yakimov M. R., Trofimenko Yu. V. *Transportnoe planirovanie: formirovanie effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov* [Transport planning: formation of effective transport systems of large cities]. Moscow, Logos Publ., 2013, 447 p.

8. Pugachyov I. N. *Otsenka kachestva dorozhnogo dvizheniya na osnove navigatsionnoy informatsii ob usloviyakh dvizheniya transportnykh potokov* [Assessment of the quality of road traffic on the basis of navigation information about traffic conditions]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2018, 148 p.

9. Pugachyov I. N., Markelov G. Ya., Burkov S. M. *Formirovanie ITS. Metodika issledovaniya infrastruktury na primere goroda Khabarovska* [Formation of ITS (information technology support). Methodology of infrastructure research on the example of Khabarovsk city]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2013, 126 p.

10. Shcheglov V. I. *Topograficheskiy analiz dannykh o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh g. Khabarovsk v granitsakh ulits Pionerskaya, Lenina, Volochaevskaya i per. Trubnyy* [Topographic analysis of data on road accidents in Khabarovsk within the boundaries of Pionerskaya, Lenin, Volochaevskaya Streets and Trubny Lane]. *Mezhdunarodniy sbornik nauchnykh trudov «Dal'niy Vostok. Avtomobil'nye dorogi i bezopasnost' dvizheniya»* [International collection of scientific works “The Far East. Highways and traffic safety”]. Ed. by Kamenchukov A. V. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2019, pp. 260–265.

11. Vorobev E. M., Kapskiy D. V. *ASU dorozhnym dvizheniem* [ASU Traffic control system]. Minsk, NIISA Publ., 2005, 88 p.

12. Kondratenko T. E., Shcheglov V. I. *Modelirovanie transportnykh potokov pri restrukturizatsii marshrutnoy*

seti g. Khabarovska [Modeling of transport flows during the restructuring of the Khabarovsk route network]. *Trudy nats. nauch.-prakt. konf «Dal'niy Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa»* [Proceedings of the National Scientific and Practical Conference "The Far East: problems of development of the architectural and construction complex"]. Ed. by Pugachev I. N. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2019, vol. 1, no. 1, pp. 276–279.

13. Shcheglov V. I., Kondratenko T. E. *Sovremennye metody postroeniya i korrektsirovki matritsy korrespondentsii pri modelirovanii transportnykh potokov* [Modern methods of constructing and correcting the correspondence matrix in the modeling of traffic flows]. *Trudy sektionnykh zasedaniy 58-y studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii TOGU-2018* [Proceedings of the sessions of the 58-th Student scientific and practical conference of TOGU-2018]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2018, vol. 2, pp. 393–400.

14. Navoy D. V., Rozhanskiy D. V. *Opisanie algoritma optimizatsii sdvigoov pri koordinirovannom regulirovanii* [Description of the algorithm for optimizing shifts under coordinated control]. *Trudy 6-y mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Nauka — obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike»* [Proceedings of the 6-th International scientific and

technical conference conf. "Science — education, production, economy"]. BNTU Publ., 2008, vol. 2, 198 p.

15. Preparata F., Sheymos M. *Vychislitel'naya geometriya. Vvedenie* [Computational geometry. Introduction]. Ed. by Bankovskiy Yu. M. Moscow, Mir Publ., 1989, 478 p.

16. Pugachyov I. N., Kamenchukov A. V., Sheshera N. G. *Sovershenstvovanie metodov otsenki kachestva i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Improving methods for assessing the quality and safety of road traffic]. Khabarovsk, Tikhookean. gos. un-t Publ., 2018, 160 p.

17. Pugachev I. N., Kulikov Y. I., Markelov G. Ya., Sheshera N. G. Factor Analysis of Traffic Organization and Safety Systems. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, Proc. of the 12-th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", SPbOTSIC-2016, 28–30 September 2016]. St. Petersburg, Russia, 2017, pp. 529–535.

18. Pugachyov I. N., et al. *Osobennosti tsifrovoy ekonomiki v transportnoy sfere* [Features of the digital economy in the transport sector]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of the Russian Federation*, 2018, no. 3 (76), pp. 34–36.