

УДК 656.01

© Д. А. Захаров, канд. техн. наук, доцент
(Тюменский индустриальный университет,
Тюмень, Россия)
E-mail: zaharovda@tyuiu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-3-114-122

© D. A. Zakharov, PhD in Sci. Tech, Associate Professor
(Industrial University of Tyumen,
Tyumen, Russia)
E-mail: zaharovda@tyuiu.ru

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО РАЙОНАМ ГОРОДА ТЮМЕНИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА НА ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ И ОБЩЕСТВЕННЫМ ТРАНСПОРТОМ

SPATIAL UNEVENNESS OF THE TRANSPORT DEMAND DISTRIBUTION FOR MOVEMENT BY PRIVATE AND PUBLIC TRAFFIC TRANSPORTATION IN THE DISTRICTS OF THE CITY OF TYUMEN

В статье рассматривается неравномерность пространственного распределения долей передвижений на индивидуальном и маршрутном общественном транспорте по районам города Тюмени. По результатам кластеризации транспортных районов Тюмени все районы разделены на 9 классов. В районах, относящихся к центральному сектору, доля передвижений на общественном транспорте значительно выше, чем в районах, расположенных на границе города. Установлены зависимости доли поездок на автомобилях и маршрутных автобусах от среднего времени и расстояния поездки на индивидуальном и общественном транспорте по каждому классу транспортных районов. Результаты исследования могут применяться при создании в макро-модели города новых транспортных районов.

Ключевые слова: структура подвижности населения, транспортные районы, городская транспортная система, индивидуальный и общественный транспорт, улично-дорожная сеть.

The article considers the unevenness of the spatial distribution of the shares of transportation by private and public route traffic in the districts of the city of Tyumen. According to the results of clustering of transport districts of Tyumen, all districts are divided into 9 classes. In areas belonging to the central sector, the share of public traffic transportation is significantly higher than in areas located on the city border. There are specified the dependences of the share of trips by cars and shuttle buses on the average travel time and transportation distance by individual and public transport for each class of transport areas. The results of the study can be used to create new transport areas in the macro-model of the city.

Keywords: structure of population mobility, transport areas, urban transport system, individual and public transport, road network.

Введение

В XXI веке в России продолжается процесс урбанизации, который во многих городах сопровождается также субурбанизацией. Другим трендом пространственного развития территорий является переезд населения из небольших в крупные города [1, 2]. Наиболее интенсивный прирост населения характерен для Москвы, Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Краснодар, Екатеринбурга, Тюмени и некоторых других территорий. С ростом численности жителей крупные города

получают не только конкурентные преимущества в экономике, но и проблемы в обеспечении устойчивой мобильности горожан [3]. Это особенно характерно для городов, в которых темп жилищного строительства превышает темп развития транспортной инфраструктуры новых застраиваемых территорий.

В городах России для обеспечения устойчивой мобильности [4] все активнее реализуются мероприятия по обеспечению приоритета транспорту общего пользования (ТОП), в том числе полосы для маршрутных

транспортных средств, приоритет при проезде перекрестков с применением адаптивного управления светофорами, новые транспортные сервисы и системы. Важными факторами, влияющими на востребованность транспорта общего пользования, является группа экономических факторов, в том числе доходы населения [5], стоимость платных парковок [6].

Результаты опроса жителей городов в работе [7] показывают, что продолжительность поездки на ТОП, время его ожидания и длительность подхода к остановочному пункту — одни из наиболее важных факторов при выборе общественного транспорта для рабочих поездок. В работе [8] отмечается, что для жителей мегаполисов качество работы ТОП важнее цены проезда и требуется повышение качества транспортного обслуживания населения для перехода от владения личным автомобилем к использованию ТОП.

Для прогнозирования транспортного спроса в новых районах и определения планов по развитию дорожно-транспортной инфраструктуры в документах транспортного планирования активно применяются макроскопические транспортные модели [9]. При проведении реновации или реализации проектов комплексного развития территорий в генеральном плане города изменяется категория земельных участков, а зоны застройки индивидуальными или среднеэтажными жилыми домами заменяются на многоэтажные. При этом существенно увеличивается плотность расселения и транспортная подвижность в районе застройки. На границе транспортных районов в местах примыкания местных проездов к опорной улично-дорожной сети (УДС) образуются транспортные заторы, а транспорт общего пользования работает с перегрузкой, т. е. снижается качество транспортного обслуживания населения.

Лаврентьев С. В. определяет коэффициент генерации корреспонденций каждого района по типам застройки с учетом средних жилых площадей квартир [10]. Это позволяет уточнить значение транспортного спроса без учета способа передвижения и вида транспорта.

При создании транспортной модели новых застроенных районов важным является прогнозирование количества передвижений с различными целями и структура подвижности жителей района. После получения прогнозной оценки транспортного спроса возможно определение эффективной схемы организации дорожного движения [11] на участках УДС, расположенной внутри и на границе нового транспортного района.

Зедгенизов А. В. в работе [12] отмечает, что на транспортный спрос в субурбанизированных территориях, к которым в исследовании на примере г. Иркутска относятся садовые некоммерческие товарищества (СНТ) и коттеджные поселки, влияет площадь территории. При этом доля поездок на личных автомобилях изменяется от 0,74 до 0,94. При кластеризации все основные транспортные районы Иркутска разделены на 6 классов: спальные, промышленные, центральная часть, деловой центр, районы с высокой, умеренной и низкой долей площади жилья [13].

В работе [14] автором установлена закономерность влияния удаленности района от центра города на удельную генерацию корреспонденций, которая описывается линейным уравнением. При этом необходимо учитывать сезонную неравномерность транспортного спроса относительно СНТ по сравнению с районами индивидуальной жилой застройки. Кроме этого, количество жителей в городе также влияет на объем перевозок пассажиров транспортом общего пользования [15].

Транспортное поведение и структура подвижности зависят от уровня развития транс-

порта общего пользования. Одним из важных элементов ТОП являются транспортно-пересадочные узлы. Количество ТПУ, их расположение в городе зависит от пассажиропотока и влияет на него [16]. Спрос и пассажирообмен в данном исследовании определялись на транспортной макромоделю города.

Доля поездок на индивидуальном и общественном транспорте является формализованной оценкой транспортного поведения населения. Агуреев И. Е. отмечает необходимость рассмотрения понятия «транспортное поведение» с точки зрения психологии, социологии и урбанистики [17]. Важным элементом урбанистики являются пространственное расселение и уровень транспортного обслуживания населения по районам города.

В работе [18] отмечается, что на показатель удовлетворенности спроса жителей городов работой ТОП влияет большое количество факторов, в том числе количество обращений об изменении маршрута движения ТОП. При этом маршруты движения и остановочные пункты связаны с транспортными районами города и влияют на уровень развития инфраструктуры ТОП в районах города.

Методы

Для обоснованного решения по развитию инфраструктуры необходимо определять матрицу корреспонденций в транспортной макромоделю и структуру подвижности населения. При этом из-за отсутствия в новом районе жителей невозможно проведение социологических опросов, поэтому возникает необходимость применения других методов прогнозирования и оценки параметров мобильности населения.

Цель данного исследования — установить закономерность изменения доли передвижений на индивидуальном и общественном транспорте с учетом пространственного месторасположения транспортного района в городе Тюмени.

Транспортный район — элементарные единицы пространственной структуры области моделирования [19].

В работе рассматривается гипотеза, которая состоит из двух частных.

Гипотеза 1 — транспортное поведение и структура подвижности населения зависят от месторасположения транспортных районов относительно центра города.

Гипотеза 2 — с удалением транспортного района от центра города и увеличением времени на реализацию корреспонденции доля передвижений на личном транспорте увеличивается, на общественном — снижается.

Уровень развития дорожной инфраструктуры зависит от количества выездов из микрорайонов на опорную улично-дорожную сеть, плотности УДС, коэффициента непрямолинейности маршрутов движения и т. д. Уровень развития транспортной инфраструктуры зависит от плотности маршрутной сети, провозной способности на участках УДС, связности планировочных районов города маршрутами индивидуального и общественного транспорта, количества маршрутов ТОП на остановочных пунктах и отличается для центральных и периферийных районов города.

При проведении исследований по пространственной неравномерности транспортного поведения жителей и доли передвижений на индивидуальном или общественном транспорте возможно применение макромоделю города на стадии получения исходных данных¹.

Факторы, влияющие на модель транспортного поведения, определяются пространственными характеристиками города, уровнем развития улично-дорожной и маршрутной сети, качеством работы ТОП: площадь и форма города, удаление района-

¹ Использование программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективности проектных решений в сфере организации дорожного движения: методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. М., 2017. 172 с.

источника от района-цели, длина маршрутов движения индивидуального транспорта (ИТ) и ТОП, время поездки в часы пиковых нагрузок и межпиковое время, количество пересадок при движении на ТОП.

В данном исследовании изучается влияние времени поездки на общее количество и долю поездок на индивидуальном или общественном транспорте в крупном городе, не имеющем внеуличного транспорта.

Влияние среднего времени поездки из района-источника ТОП на долю передвижений на общественном транспорте определяется по формуле

$$\Delta_{\text{ТОП}} = \frac{1}{1 + e^{-(a+bT_j)}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{ТОП}}$ — доля передвижений транспортом общего пользования; T_j — среднее время движения ТОП из j -го транспортного района-источника корреспонденций, мин; a, b — параметры уравнения.

Вид уравнения (1) определяется с учетом применения мультиномиальной логит-модели для оценки вероятности выбора пользователем способа поездки [19].

Предполагается, что при минимальных средних значениях времени поездки ТОП для j -го транспортного района-источника корреспонденций изменение доли передвижений ТОП небольшое. С выходом значения времени поездки ТОП из «зоны комфорта» для пассажиров усиливается их желание снизить потери времени за счет использования личного автомобиля. При существенном увеличении времени поездки ТОП доля его использования изменяется незначительно и определяется группой людей, у которых отсутствует личный автомобиль или возможность его использования.

Влияние среднего времени поездки на ИТ из района-источника на долю передвижений на индивидуальном транспорте описывается линейным уравнением

$$\Delta_{\text{ИТ}} = \Delta_0 + S \cdot T_j, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{ИТ}}$ — доля передвижений индивидуальным транспортом; Δ_0 — минимальное значение доли передвижений индивидуальным транспортом при минимальном значении T_j ; T_j — среднее время движения индивидуальным транспортом из j -го транспортного района-источника корреспонденций, мин.

Различие вида математических моделей в формулах (1) и (2) обусловлено наличием возможности перехода пользователей ИТ на передвижение пешком или с помощью велосипедов и средств индивидуальной мобильности при небольшой протяженности маршрута и времени движения.

Результаты

С использованием данных макромоделей города Тюмени установлена зависимость доли поездок на ТОП и ИТ от среднего времени поездки по каждому «району-источнику» корреспонденций (рис. 1, 2).

С помощью метода k -средних [20] проведена кластеризация районов транспортной макромоделей города. При этом параметрами учета применялись доли передвижения на легковых автомобилях и маршрутном транспорте общего пользования.

Кластеризация транспортных районов в макромоделей города Тюмени показала деление районов на 9 групп. Каждая группа районов отличается своими характери-

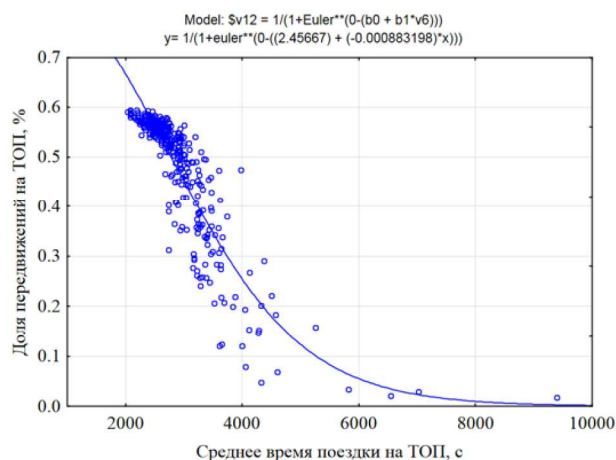


Рис. 1. Влияние времени поездки ТОП на долю поездок ТОП из района-источника

Классификация транспортных районов Тюмени

Класс группы районов	Количество районов в классе	Параметры транспортных районов и характеристики корреспонденций (район – источник корреспонденций)				
		Доля поездок на ТОП, ед.	Среднее расстояние поездки на ИТ, км	Среднее расстояние поездки на ТОП, км	Общее количество поездок на ТОП, ед.	Общее количество поездок, ед.
0	39	0,48	12,95	11,05	4533	9162
1	54	0,54	10,97	9,80	9467	17280
2	58	0,56	9,06	8,64	15378	27311
3	22	0,38	14,30	12,59	1248	3160
4	9	0,48	11,24	9,65	520	1062
5	99	0,56	7,67	7,53	17105	30389
6	41	0,20	15,93	13,95	671	3281
7	23	0,36	12,00	9,56	391	1035
8	13	0,48	8,66	7,99	650	1322

ками (см. таблицу) и удалением от центра города. Наибольшее количество районов занимают небольшие площади, они относятся к 5 классу и находятся в центральной части города.

Все 9 классов транспортных районов можно условно разделить на центральный, периферийный и удаленный секторы. Примеры объединенных в отдельные классы транспортных районов показаны на рис. 3.

Обсуждение

Транспортные районы, относящиеся к 0, 1, 4 и 7 классам, расположены на периферии, за границами центральной части города, но

в пределах дороги «Обход города Тюмени» (за редким исключением).

Транспортные районы, относящиеся ко 2, 5 и 8 классам, расположены в центральной части города с наибольшей численностью жителей.

Транспортные районы, относящиеся к 3 и 6 классам, расположены либо за пределами объездной автодороги «Обход города Тюмени», либо внутри, но при этом объездная автодорога является границей транспортного района.

После классификации транспортных районов и определения средних значений выходных параметров и факторов по каждому классу построены графики зависимостей доли передвижений по видам транспорта от среднего времени поездки на индивидуальном (рис. 4, а) и общественном транспорте (рис. 4, б).

При удалении транспортного района от центра города и увеличении времени поездки увеличивается доля поездок на ИТ и уменьшается на ТОП. При этом влияние среднего времени поездки индивидуальным транспортом на долю поездок описывается квадратичной моделью, а для ТОП — линейной.

Транспортные районы, относящиеся к одному классу, имеют разное соотношение доли передвижений на индивидуальном

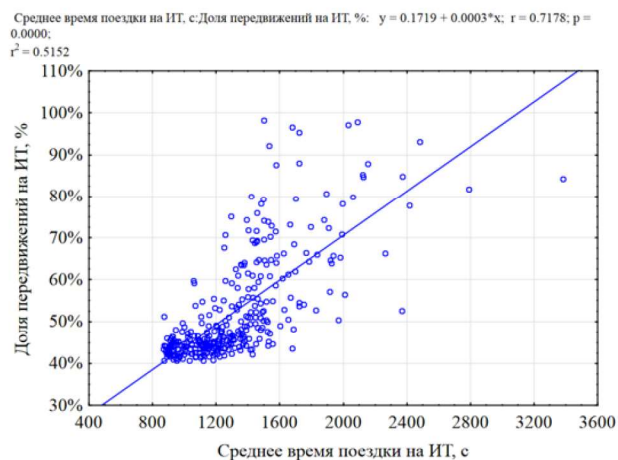


Рис. 2. Влияние времени поездки ИТ на долю поездок ИТ из района-источника



Рис. 3. Кластеризация транспортных районов Тюмени и разделение по секторам: а — центральный сектор (класс 5); б — периферийный сектор (класс 1); в — удаленный сектор (класс 6)

и общественном транспорте. Транспортное поведение определяется группой факторов: уровень транспортного обслуживания населения, учитывающий количество маршрутов ТОП, охват (покрытие) территории

населенного пункта маршрутами ТОП каждого района, количество мультимодальных маршрутов, требующих пересадки на другой вид транспорта или на другой маршрут с повторной оплатой проезда и т. д. Имеются

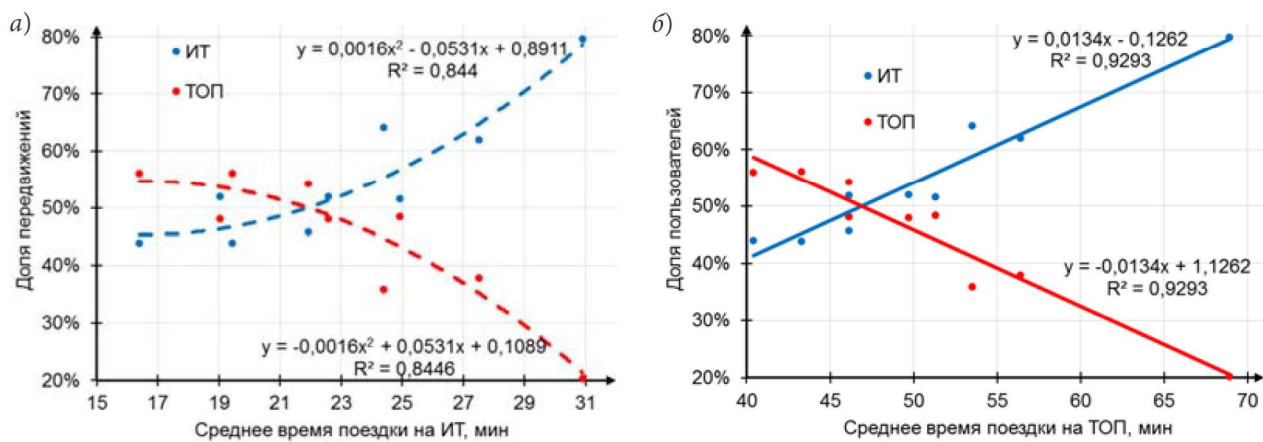


Рис. 4. Влияние среднего времени поездки на долю передвижений индивидуальным и общественным транспортом: а — влияние среднего времени поездки на ИТ; б — влияние среднего времени поездки на ТОП

отличия в модели транспортного поведения в районах ИЖС, расположенных на разном удалении от центра города. Так, в коттеджном поселке Комарово, расположенном на границе с «Обходом города Тюмени» доля передвижений на ТОП составляет 0,55. Для пос. Дербыши, который располагается дальше от объездной автодороги, этот показатель составил 0,4.

Выводы

Реализация мероприятий по обеспечению устойчивой городской мобильности требует финансовых ресурсов из муниципального или регионального бюджетов. При этом эффективность отдельных мероприятий может существенно отличаться для транспортных районов с учетом их расположения и требует детальной проработки в документах транспортного планирования.

Дальнейшие исследования по данному направлению применительно к столице Тюменской области предполагают несколько этапов и учет в модели транспортного поведения с помощью макромоделей города нескольких факторов и характеристик:

- уровень развития транспортной инфраструктуры и качества транспортного обслуживания в районах в сочетании «источник – цель»;
- учет влияния доходов жителей районов по группам (обучающиеся, пенсионеры, работающие и др.) на долю передвижений по видам транспорта и способам;
- оценка доли пешеходных передвижений и использование жителями Тюмени систем краткосрочной аренды автомобилей и средств индивидуальной мобильности.

Библиографический список

1. Зубаревич Н. В., Сафронов С. Г. Развитие больших городов России в 2010-х годах // Региональные исследования. 2019. № 1 (63). С. 39–51.
2. Аношкина Е. Л. Задачи устойчивого развития крупнейших российских городов // Вопросы новой экономики. 2012. №3 (23). С. 74–79.

3. Захаров Н. С. Закономерности формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города: монография / Н. С. Захаров, Е. Ф. Бояркина. Тюмень: ТИУ, 2011. 160 с.

4. Андреева Е. А., Беттгер К., Белкова Е. В. [и др.]. Управление транспортными потоками в городах: монография / под общ. ред. А. Н. Бурмистрова, А. И. Солодкого. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. 207 с.

5. Корягин М. Е., Нестерова А. А. Сравнение детерминированной и вероятностной модели выбора способа перемещения на примере г. Кемерово // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. № 5 (75). С. 120–123.

6. Захаров Д. А., Фадюшин А. А. Изменение подвижности населения при развитии в городах инфраструктуры для общественного транспорта, велосипедистов и пешеходов // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 187–193.

7. Якунина Н. В., Нестеренко Д. Х., Арсланов М. А. Факторный анализ направлений повышения активности использования городского пассажирского автомобильного транспорта // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2018. Т. 21, №4. С. 533–540.

8. Grzelec K., Jagiello A. The effects of the selective enlargement of fare-free public transport // Sustainability (Switzerland). 2020. 12 (16). 6390.

9. Якимов М. Р., Попов Ю. А. Транспортное планирование. Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография. М.: Логос, 2014. 200 с.

10. Лаврентьев С. В. Методика предварительной оценки емкости транспортного района с учетом расширенных характеристик жилой застройки // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 6. С. 102–107.

11. Солодкий А. И., Черных Н. В. Повышение уровня обслуживания дорожного движения в крупных и средних городах России // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 191–197.

12. Зедгенизов А. В., Ефременко И. А. Оценка транспортного спроса к субурбанизированным территориям // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3 (80). С. 178–182.

13. Левашев А. Г. Принципы выделения специальных расчетных транспортных районов в городском транспортном планировании // Вестник СНАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 3 (24). С. 126–128.

14. Зедгенизов А. В. Оценка качества организации дорожного движения на основе транспортного спроса: монография. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. 196 с.

15. Аземша С. А., Скирковский С. В., Горев А. Э. Установление закономерностей в изменении объема пассажирских перевозок от численности жителей населенного пункта // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5 (76). С. 206–216.
 16. Калюжный Н. А. Обоснование приоритетности мест размещения транспортно-пересадочных узлов в структуре агломерации методом математического моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 5 (64). С. 142–148.
 17. Азуреев И. Е., Ахромешин А. В. Подходы к формализации понятия транспортного поведения населения городских агломераций // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 2. С. 60–70.
 18. Любимов И. И., Мельников А. Н., Трубин И. А. Повышение эффективности функционирования системы транспортного обслуживания населения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 11. С. 20–24.
 19. Горев А. Э., Беттгер К., Прохоров А. В., Гизатуллин Р. Р. Основы транспортного моделирования. СПб.: Издательство-полиграфическая компания «Коста», 2015. 168 с.
 20. Методы и процедуры интеллектуального анализа данных в транспортном планировании / под науч. ред. д. т. н., проф. Жанказиева С. В. СПб.: Издательство-полиграфическая компания «Коста», 2021. 192 с.
- ### References
1. Zubarevich N. V., Safronov S. G. *Razvitie bol'shikh gorodov Rossii v 2010-kh godakh* [Development of big cities in Russia in the 2010-s]. *Regional'nye issledovaniya – Regional Studies*, 2019, no. 1 (63), pp. 39–51.
 2. Anoshkina E. L. *Zadachi ustoychivogo razvitiya krupneyshikh rossiyskikh gorodov* [Tasks of sustainable development of the largest Russian cities]. *Voprosy novoy ekonomiki – Issues of New Economy*, 2012, no. 3(23), pp. 74–79.
 3. Zakharov N. S., Boyarkina E. F. *Zakonomernosti formirovaniya kolichestva legkovykh avtomobiley na ulichno-dorozhnoy seti goroda* [Regularities of formation of a number of passenger cars on the street and road network of the city]. Tyumen, TIU Publ., 2011, 160 p.
 4. Andreeva E. A., Bettger K., Belkova E. V., et al. *Upravlenie transportnymi potokami v gorodakh* [Management of traffic flows in cities]. Ed. by Burmistrov A. N., Solodkiy A. I. Moscow, Nauchno-izdatel'skiy tsentr INFRA-M Publ., 2019, 207 p.
 5. Koryagin M. E., Nesterova A. A. *Sravnenie determinirovannoy i veroyatnostnoy modeli vybora sposoba peremeshcheniya na primere g. Kemerovo* [Comparison of deterministic and probabilistic model of choosing the way of transportation by the example of Kemerovo]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2009, no. 5 (75), pp. 120–123.
 6. Zakharov D. A., Fadyushin A. A. *Izmenenie podvizhnosti naseleniya pri razvitii v gorodakh infrastruktury dlya obshchestvennogo transporta, velosipedistov i peshekhodov* [The change in mobility of the population when developing infrastructure for public transport, cyclists and pedestrians in cities]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 5 (82), pp. 187–193.
 7. Yakunina N. V., Nesterenko D. Kh., Arslanov M. A. *Faktorniy analiz napravleniy povysheniya aktivnosti ispol'zovaniya gorodskogo passazhirskogo avtomobil'nogo transporta* [Factorial analysis of directions to increase the activity of urban passenger road transport use]. *Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Murmansk State Technical University]. *Vestnik MGTU – Bulletin of MSTU*, 2018, vol. 21, no. 4, pp. 533–540.
 8. Grzelec K., Jagiełło A. The effects of the selective enlargement of fare-free public transport. *Sustainability* (Switzerland), 2020, 12 (16), 6390.
 9. Yakimov M. R., Popov Yu. A. *Transportnoe planirovanie. Prakticheskie rekomendatsii po sozdaniyu transportnykh modeley gorodov v programmnom komplekse PTV Vision® VISUM* [Transport planning. Practical recommendations for creating transport models of cities in the software package PTV Vision® VISUM]. Moscow, Logos Publ., 2014, 200 p.
 10. Lavrent'ev S. V. *Metodika predvaritel'noy otsenki emkosti transportnogo rayona s uchetom rasshirennykh kharakteristik zhiloy zastroyki* [Methodology of preliminary assessment of the capacity of a transport district, taking into account the extended characteristics of residential development]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotozemka – Bulletin of Higher Educational Institutions. Geodesy and Aerial Survey*, 2013, no. 6, pp. 102–107.
 11. Solodkiy A. I., Chernykh N. V. *Povyshenie urovnya obsluzhivaniya dorozhnogo dvizheniya v krupnykh i srednikh gorodakh Rossii* [Increasing the level of road traffic service in large and medium-sized cities of Russia]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 1 (78), pp. 191–197.
 12. Zedgenizov A. V., Efremenko I. A. *Otsenka transportnogo sprosa k suburbanizirovannym territoriyam* [Evaluation of transport demand in suburbanized areas]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 3 (80), pp. 178–182.
 13. Levashev A. G. *Printsipy vydeleniya spetsial'nykh raschetnykh transportnykh rayonov v gorodskom transportnom planirovanii* [Principles of allocation of special estimated transport districts in urban transport planning]. *Vestnik SNASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura – Bulletin of*

SNASU. *Urban Planning and Architecture*, 2016, no. 3 (24), pp. 126–128.

14. Zedgenizov A. V. *Otsenka kachestva organizatsii dorozhnogo dvizheniya na osnove transportnogo sprosa* [Estimation of the quality of traffic organization on the basis of transport demand]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2019, 196 p.

15. Azemsha S. A., Skirkovskiy S. V., Gorev A. E. *Ustanovlenie zakonornostey v izmenenii ob'ema passazhirskikh perevozok ot chislennosti zhiteley naselennogo punkta* [Determining the regularities in the change of the passenger traffic volume from the number of inhabitants of the settlement]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 5 (76), pp. 206–216.

16. Kalyuzhniy N. A. *Obosnovanie prioritnosti mest razmeshcheniya transportno-peresadochnykh uzlov v strukture aglomeratsii metodom matematicheskogo modelirovaniya* [Substantiation of priority locations of transport-transfer hubs in the structure of agglomeration by mathematical modeling]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 5 (64), pp. 142–148.

17. Agureev I. E., Akhromeshin A. V. *Podkhody k formalizatsii ponyatiya transportnogo povedeniya naseleniya gorodskikh aglomeratsiy* [Approaches to the formalization of the concept of transport behavior of the population of urban agglomerations]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii – Intellect. Innovations. Investments*, 2021, no. 2, pp. 60–70.

18. Lyubimov I. I., Mel'nikov A. N., Trubin I. A. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya sistemy transportnogo obsluzhivaniya naseleniya* [Increasing the efficiency of the transport service system of the population]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii – Intellect. Innovations. Investments*, 2017, no. 11, pp. 20–24.

19. Gorev A. E., Bettger K., Prokhorov A. V., Gizatullin R. R. *Osnovy transportnogo modelirovaniya* [Fundamentals of transport modeling]. St. Petersburg, Kosta Publ., 2015, 168 p.

20. *Metody i protsedury intellektual'nogo analiza dannykh v transportnom planirovanii* [Methods and procedures of intelligent data analysis in transport planning]. Ed. by Zhankaziev S. V. St. Petersburg, Kosta Publ., 2021, 192 p.