

ТРАНСПОРТ

УДК 653.13

DOI: 10.25198/2077-7175-2019-1-90

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧАСТКА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Д.Х. Нестеренко

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: nyrgalieva_dina7129@mail.ru

Аннотация. *Актуальность темы.* Существенное отставание темпов развития улично-дорожной сети в городах от темпов автомобилизации обуславливает нарастание проблемы исчерпанности пропускной способности. Наличие этой проблемы указывает на необходимость изучения направлений её преодоления. Одним из таких направлений является совершенствование структуры автотранспортных потоков.

Теоретико-методический подход базируется на утверждении, что в случае пассажирских автомобильных перевозок улично-дорожная сеть предназначена не столько для перемещения по ней автомобилей, сколько для перемещения по ней пассажиров с использованием автомобилей. Автомобиль при таком подходе выполняет некую промежуточную функцию. В работе использованы положения теории пассажирских автомобильных перевозок, теории транспортных процессов и систем, математической статистики, натурных исследований.

Объект исследования – процесс перевозки пассажиров автомобильным транспортом.

Предмет исследования – закономерности перевозок пассажиров автомобильным транспортом.

Цель – повышение пропускной способности улично-дорожной сети на основе управления структурой пассажирских автотранспортных средств в потоках.

Результатами исследования установлено, что за счёт повышения активности использования населением городского пассажирского автомобильного транспорта уменьшаются загруженность улично-дорожной сети и время движения транспортных средств по участку. Результаты исследования могут быть использованы автотранспортными предприятиями, органами управления пассажирскими перевозками при разработке мероприятий по совершенствованию транспортного обслуживания населения, организации перевозок пассажиров по маршрутам регулярных перевозок.

Ключевые слова: пассажирские автомобильные перевозки, скорость транспортного потока, время движения, пассажиропопоток.

Для цитирования: Нестеренко, Д.Х. Исследование влияния структуры автотранспортного потока на эффективность использования участка улично-дорожной сети // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1. – С. 90-96.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF MOTOR TRAFFIC ON THE EFFICIENCY OF THE USE OF THE ROAD NETWORK SECTION

D.H. Nesterenko

Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: nyrgalieva_dina7129@mail.ru

Abstract. Relevance. A significant lag in the pace of development of the road network in the cities from the rate of motorization causes an increase in the problem of bandwidth exhaustion. The presence of this problem indicates the need to study ways to overcome it. One of these areas is the improvement of the structure of motor traffic flows.

The theoretical and methodological approach is based on the statement that, in the case of passenger road transport, the street-road network is intended not so much for moving cars on it, as for moving passengers on it

using cars. A car with this approach performs an intermediate function. In this paper, the provisions of the theory of passenger road transport, the theory of transport processes and systems, mathematical statistics, field studies.

The **object** of study – the process of transporting passengers by road.

The **subject** of the study – the laws of passenger transport by road.

The **goal** is to increase the capacity of the road network based on managing the structure of passenger vehicles in traffic.

The **results** of the study found that due to the increased activity of the use of the population of the urban passenger road transport, the workload of the road network and the time t of the movement of vehicles along the section are reduced. The results of the study can be used by motor transport enterprises and passenger transportation authorities in the development of measures to improve transport services for the population, and the organization of passenger traffic on regular transport routes.

Keywords: passenger road transport, traffic speed, travel time, passenger traffic.

Cite as: Nesterenko, D.H. (2019) [Investigation of the influence of the structure of motor traffic on the efficiency of the use of the road network section]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 1, p. 90-96.

Введение. Современные социально-экономические условия требуют от населения высокой мобильности. Для эффективного взаимодействия населения необходимо обеспечить высокую скорость их сообщения. В транспортной сфере поставленная задача реализуется посредством организации передвижений пассажиров по индивидуальным маршрутам и маршрутам регулярных перевозок. При этом современные тенденции развития пассажирского автомобильного транспорта в России указывают на необходимость повышения активности использования городского пассажирского автомобильного транспорта [10, 8, 6].

Основным показателем, характеризующим эффективность функционирования транспортных систем, является время передвижения, представляющее ценность для пассажиров и перевозчиков. С увеличением количества транспортных средств на улично-дорожной сети увеличивается время, затрачиваемое на перемещение пассажира [2, 3].

Повышение эффективности использования улично-дорожной сети возможно за счёт управления структурой транспортных средств через удовлетворение требований потенциальных пассажиров

по факторам повышения активности использования городского общественного автомобильного транспорта [9, 7, 4]. Показателем такой эффективности является время передвижения пассажира по участку улично-дорожной сети.

Теоретико-методический подход. Теоретическим посылом исследования является утверждение, что в случае пассажирских перевозок улично-дорожная сеть предназначена не столько для перемещения по ней автомобилей, сколько для перемещения по ней пассажиров с использованием автомобилей. Именно пассажир является конечным потребителем улично-дорожной сети. Автомобиль при таком подходе выполняет некую промежуточную функцию.

Гипотезой исследования является предположение о влиянии характеристик системы «пассажир – автомобиль – участок улично-дорожной сети» на время перемещения пассажира по участку улично-дорожной сети.

В исследовании использован известный показатель – уровень обслуживания [9] движения. Он применён в качестве комплексного показателя состояния транспортного потока. Его основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика уровней обслуживания движения в соответствии с нормативным документом ОДМ 218.2.020-2012

Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки z , ед.	Коэффициент скорости движения s , ед.	Состояние потока	Эмоциональная нагрузка водителя	Экономическая эффективность работы дороги
A	$< 0,20$	$> 0,90$	Свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью	Низкая	Неэффективная
B	$0,20-0,45$	$0,70-0,90$	Движение автомобилей малыми группами (2–5 шт.) Обгоны возможны.	Нормальная	Мало эффективная
C	$0,45-0,70$	$0,55-0,70$	Движение автомобилей большими группами (5–14 шт.) Обгоны затруднены	Высокая	Эффективная
D	$0,70-0,90$	$0,40-0,55$	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны.	Очень высокая	Неэффективная
E	$0,90-1,0$	$< 0,40$	Плотное	Очень высокая	Неэффективная
F	$> 1,0$	$0,30$	Сверх плотное	Крайне высокая	Неэффективная

Одной из основных характеристик уровней обслуживания движения является коэффициент загрузки z участка улично-дорожной сети:

$$z = N / P \quad (1)$$

где

N – интенсивность движения, авт./час;

P – пропускная способность участка улично-дорожной сети, авт./час.

Количество Q пассажиров, перевозимых на участке улично-дорожной сети, определяют по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \gamma_i \quad (2)$$

где

n – количество видов транспортных средств;

q_i – номинальная вместимость транспортного средства, пасс.;

γ_i – коэффициент использования вместимости транспортного средства.

Определение границ уровней обслуживания производится исходя из значений интенсивности движения для каждого уровня обслуживания движения при известных значениях пропускной способности и коэффициента загрузки.

Приведённое количество $N_{\text{привед.}}$ транспортных средств для разных уровней обслуживания движения определяют по формуле 3:

$$N_{\text{привед.}} = \sum_{j=1}^n k \cdot A_j \quad (3)$$

где

A_j – количество транспортных средств j -го вида;

k – коэффициент приведения к легковым автомобилям.

Характеристики рассматриваемой системы могут быть определены с использованием диаграмм оценки влияния структуры транспортных средств в потоке на уровень обслуживания движения (рисунк 1). Диаграмма отражает структуру транспортных средств при пассажиропотоках Q от 1000 до 10000 пассажиров в час. В случае присутствия в потоке двух категорий автотранспортных средств (автомобили категории M_1 и автомобили категории M_3 – автобус ПАЗ-3205) зависимость (2) примет вид:

$$Q = q_1 \gamma_1 A_1 + q_2 \gamma_2 A_2 \quad (4)$$

где

q_1, q_2 – номинальная вместимость легкового автомобиля и автобуса ПАЗ-3205 соответственно, пасс.;

γ_1, γ_2 – коэффициент использования вместимости легкового автомобиля и автобуса ПАЗ-3205 соответственно;

A_1, A_2 – количество легковых автомобилей и автобусов соответственно, шт.

Ранее проведёнными исследованиями [8] определена средняя вместимость транспортных средств: в час «пик» для легковых автомобилей она составляет 2,1 пасс.; для автобуса ПАЗ-3205 – 34 пасс.

На диаграмме отмечены границы уровней обслуживания движения, которые пересекают линии пассажиропотоков в точках, соответствующих предельному значению интенсивности движения N для каждого из уровней обслуживания движения.

Определение структуры транспортных средств на участке улично-дорожной сети состоит в последовательном выполнении следующих этапов: определение интенсивности движения N авт./час; установление уровня обслуживания движения, определение коэффициента загрузки z ; расчёт скорости V автотранспортного потока; определение времени t движения транспортного средства по участку сети. Для обеспечения эффективного использования пропускной способности улично-дорожной сети из различных вариантов структуры автотранспортных средств производится выбор в пользу той структуры, которая обеспечивает минимальное время t движения транспортного средства по участку.

При известной структуре автотранспортных средств определяют скорости потока для каждого уровня обслуживания (таблица 2).

Таблица 2. Зависимости скорости V движения автотранспортного потока.

Уровень обслуживания	Функции зависимости скорости V автотранспортного потока от значения пассажиропотока Q
A	$V_A = -0,001Q + 66$
B	$V_B = -0,0006Q + 60,04$
C	$V_C = -0,0014Q + 56,027$
D	$V_D = -0,001Q + 42,96$
E	$V_E = -0,001Q + 33,96$
F	$V_F = -0,0006Q + 23,56$

Результаты расчётов времени t движения транспортного средства в потоке и скорости V движения автотранспортного потока в системе «пассажир – автомобиль – участок улично-дорожной сети».

Расчёт выполнен для пассажиропотока $Q = 4000$ пасс./час., перемещающегося по двухполосной дороге [5, 1].

При пассажиропотоке $Q = 4000$ пасс./час перемещение пассажиров могут осуществлять 2000 легковых автомобилей, что соответствует уровню обслуживания F , или 118 автобусов ПАЗ-3205, что

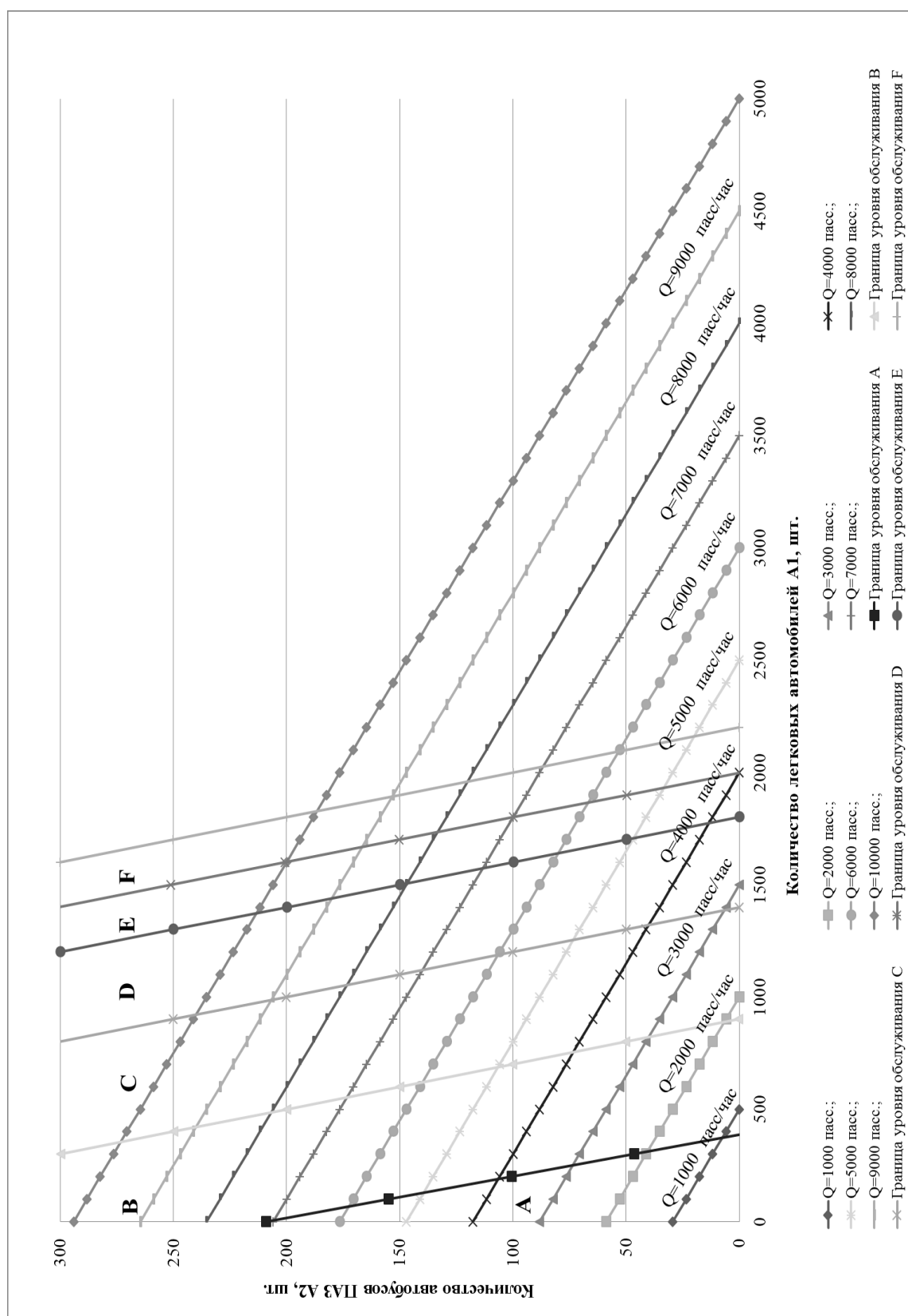


Рисунок 1. Диаграмма оценки влияния структуры транспортных средств на уровень обслуживания движения

будет соответствовать уровню обслуживания A . Скорость V определена по зависимостям, представленным в таблице 2, и составила:

$$V_A = -0,001 \times 4000 + 66 = 62 \text{ км./час.}$$

$$V_F = -0,0006 \times 4000 + 23,56 = 21,16 \text{ км./час.}$$

При этом время t_A и t_F движения транспортного средства по участку сети протяженностью в 1 ки-

лометр составили 0,017 часа и 0,047 часа соответственно.

Однако, наиболее эффективная эксплуатации участка сети достигается при уровне обслуживания движения C [8]. Для этого уровня обслуживания скорость V_C равна 50,42 км/час, а время t прохождения участка дороги – 0,019 часа.

Зависимости скорости V автотранспортного потока от величины пассажиропотока Q пасс./час. представлены на рисунке 2.

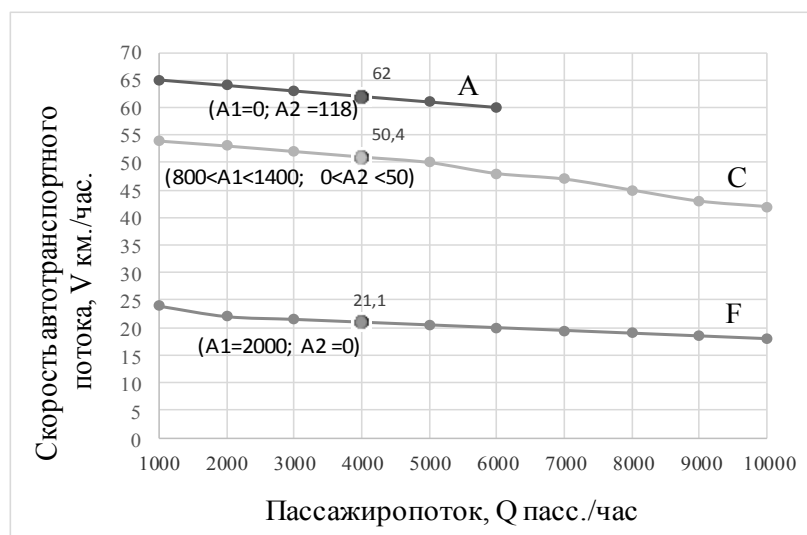


Рисунок 2. Зависимости скорости V автотранспортного потока от величины пассажиропотока Q

Скорость V движения автотранспортного потока при пассажиропотоке $Q = 4000$ пасс./час. составит 62 км./час для уровня обслуживания A ; 50,42 км./час для уровня обслуживания C ; 21,16 км./час для уровня обслуживания F . Скорость V движения автотранспортного потока оказывает влияние на время t движения автотранспортного средства в потоке (рисунок 3). Представленная зависимость свидетельствует об уменьшении скорости V и увеличении времени t .

Обсуждение и заключение. По результатам исследования установлено, что при пассажиропотоке $Q = 4000$ пасс./час. скорость автотранспортного потока при уровне обслуживания движения A составляет 62 км./час., а для F – 21,16 км./час. Время передвижения пассажира в автотранспортном потоке составляет 0,016 и 0,047 часа соответственно для уровней обслуживания движения A и F . Время t движения автотранспортного средства по участку сети сокращается в 2,9 раза по мере увеличения скорости V автотранспортного потока на 40,8 км./час. При этом структура автотранспортного потока: для A количество легковых автомобилей $A1 = 0$ шт., количество автобусов ПАЗ-3205 – 118 шт.; для F – количество легковых автомобилей $A1 = 2000$ шт., количество автобусов ПАЗ-3205 $A2 = 0$ шт. Наиболь-

шая эффективность использования участка улично-дорожной сети достигается при скорости $V = 50,42$ км./час, $t = 0,019$ часа, что соответствует уровню обслуживания движения C . Количество легковых автомобилей $A1$ и автобусов ПАЗ-3205 $A2$ находится в пределах интенсивности движения N , согласно которому $800 \text{ шт.} < A1 < 1400 \text{ шт.}$; $0 \text{ шт.} < A2 < 50 \text{ шт.}$

Доказано влияние характеристик системы «пассажир – автомобиль – участок улично-дорожной сети» на время t перемещения пассажира по участку улично-дорожной сети. Пассажир, как конечный потребитель улично-дорожной сети, реализующий поездку на легковом автомобиле или городском автомобильном транспорте, образует пассажиропоток, величина которого оказывает влияние на скорость V движения автотранспортного потока и, соответственно, на время t движения транспортного средства в потоке. Изменение структуры автотранспортного потока, через повышение активности использования городского автомобильного транспорта [2], позволяет увеличить скорость V и уменьшить время t движения автотранспортного средства в потоке, что сопровождается повышением уровня обслуживания движения с соответствующим изменением коэффициента z загрузки и интенсивности N движения.

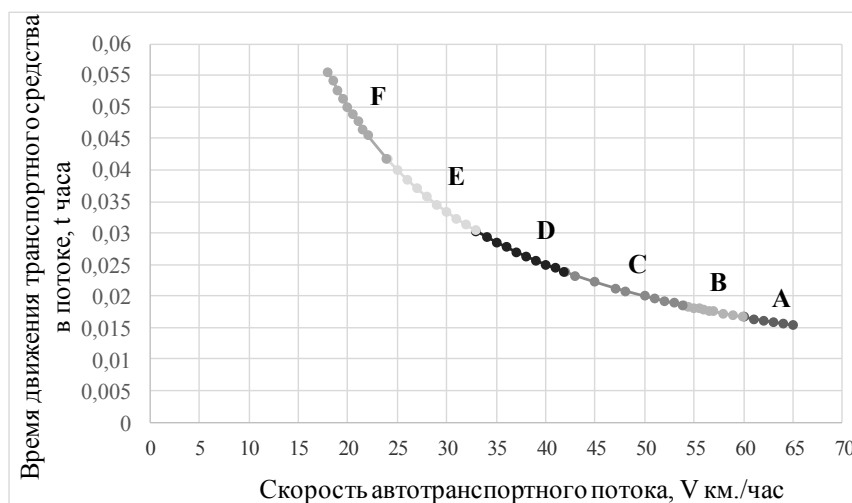


Рисунок 3. Зависимости времени t движения транспортного средства в потоке от скорости V движения автотранспортного средства

На основании изложенного материала можно заключить, что управление структурой автотранспортных средств в потоке способствует повыше-

нию эффективности использования пропускной способности улично-дорожной сети.

Литература

1. Алексиков, С.В. Повышение пропускной способности городских дорог на основе оценки скоростного режима транспортных потоков / С.В. Алексиков, С.В. Волченко // Дороги и мосты: сб. статей. – 2013. – № 30/2. – С. 237-249.
2. Вельможин, А.В. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, А.В. Куликов, А.А. Сериков. – Волгоград: ВолГТУ, 2002. – 256 с.
3. Волченко, С.В. Исследование затрат времени на транспортные передвижения жителей города Волгограда / С.В. Волченко // Повышение долговечности транспортных сооружений и безопасности дорожного движения: материалы Всероссийской научно-практической конференции 15-16 мая 2008 г., Казань / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Казанский гос. архитектурно-строительный ун-т». – Казань, 2008. – С. 74-77.
4. Игнатов, А.В. Совершенствование управления перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города: автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Игнатов Антон Валерьевич. – Волгоград, 2015. – 18 с.
5. Рихтер, К.Ю. Статистические методы в транспортных исследованиях / К.Ю. Рихтер. – Москва: Транспорт, 1992. – 72 с.
6. Спирин, А.В. Повышение качества перевозки пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам совершенствованием организационно-функциональной структуры перевозчика: дисс. ... канд. техн. наук / А.В. Спирин – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. – 160 с.
7. Якимов, М.Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города: автореф. дис... д-ра. техн. наук: 05.22.01 / Якимов Михаил Ростиславович. – Москва, 2011. – 46 с.
8. Моделирование структуры пассажирских автотранспортных потоков с использованием показателя динамического габарита пассажира / Н.В. Якунина, Д.Х. Нургалиева, С.В. Легашёв, Д.С. Мухамедов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – № 4. – С. 140-145.
9. Якунин, Н.Н. Исследование направлений повышения привлекательности услуг пассажирского транспорта / Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина, Д.Х. Нестеренко // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XIII Международной научно-практической конференции 15–17 ноября 2017 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбургский гос. ун-т, Междунар. ассоциация автом. и дор. образования, Уральское межрегион. отделение Рос. академии транспорта. – Оренбург, 2017. – С. 311-314.
10. Якунин, Н.Н. Структурный анализ транспортной подвижности городского населения / Н.Н. Якунин, Д.Х. Нургалиева // Архитектура, строительство, транспорт: материалы Международной научно-пра-

ктической конференции 2-3 декабря 2015 г., Омск / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Сибирская гос. автомобильно-дорожная академия». – Омск, 2015. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf> – (дата обращения 10.01.2019).

References

1. Aleksikov, C.B. (2013) [Increasing the capacity of urban roads based on an assessment of the speed limit of traffic flows]. *Dorogi i mosty: sb. statey* [Roads and Bridges: Digest of articles]. No. 30/2, pp. 237-249. (In Russ.)
2. Velmozhin, A.V. (2002) *Effektivnost' gorodskogo passazhirskogo obshchestvennogo transporta: monografiya* [Efficiency of urban passenger public transport: monograph]. Volgograd: VolgGTU, 256 p.
3. Volchenko, S.V. (2008) [Study of the time spent on the transport movement of the residents of the city of Volgograd] *Povysheniye dolgovechnosti transportnykh sooruzheniy i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Increasing the durability of transport facilities and road safety: materials of the All-Russian scientific-practical conference]. Kazan, p. 74-77. (In Russ.)
4. Ignatov, A.V. (2015) *Sovershenstvovaniye upravleniya perevozkami s uchetom riska vozniknoveniya transportnogo zatora na ulichno-dorozhnoy seti goroda*. Cand.Diss. [Improving the management of traffic, taking into account the risk of traffic congestion on the city's road network. Cand.Diss.]. Volgograd, 18 p.
5. Richter, K.Yu. (1992) *Statisticheskiye metody v transportnykh issledovaniyakh* [Statistical methods in transport studies]. Moscow: Transport, 72 p.
6. Spirin, A.V. (2015) *Povysheniye kachestva perevozki passazhirov avtomobil'nyim transportom po regul'yarnym marshrutam sovershenstvovaniyem organizatsionno-funktsional'noy struktury perevozchika*. Cand. Diss. [Improving the quality of passenger transport by road on regular routes by improving the organizational and functional structure of the carrier. Cand.Diss.]. Orenburg: University, 2015. –p. 160.
7. Yakimov, M.R. (2011) *Nauchnaya metodologiya formirovaniya effektivnoy transportnoy sistemy krupnogo goroda*. Cand.Dis. [Scientific methodology for the formation of an efficient transport system of a large city. Cand. Dis.]. Moscow, 46 p.
8. Yakunina, N.V., Nurgaliyeva, D.Kh., Legashchev, S.V., Mukhamedov, D.S. (2015) [Modeling the structure of passenger traffic flows using the passenger dynamic gauge] *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. No.4, pp. 140-145.(In Russ.)
9. Yakunin, N.N. (2017) [Study of ways to increase the attractiveness of passenger transport services]. *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh: materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Progressive technologies in transport systems: proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference Orenburg State. Univ. Intern. association autom. and expensive. education, Ural interregion. Branch Rus. transport academy]. Orenburg, pp. 311-314. (In Russ.)
10. Yakunin, N.N. (2015) [Structural analysis of the transport mobility of the urban population]. *Arkhitektura, stroitel'stvo, transport: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Architecture, construction, transport: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Omsk. Available at: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf> (accessed: 10/01/2019). (In Russ.)

Информация об авторе:

Нестеренко Дина Халиловна – аспирант, направление подготовки 23.06.01 Техника и технологии наземного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: nyrgaliyeva_dina7129@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.12.2018; принята в печать 04.02.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Nesterenko Dina Khalilovna – postgraduate student, training direction 23.06.01 Technique and technology of land transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: nyrgaliyeva_dina7129@mail.ru

The paper was submitted: 19.12.2018.

Accepted for publication: 04.02.2019.

The author has read and approved the final manuscript.