

DOI 10.15593/24111678/2019.04.01

УДК 625.7/.8

Р.В. Андронов, Д.А. Гензе, Е.Н. Легостаева, Е.В. Белоусова

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМЫ БАЛЛОВ КАРТ ПРОБОК

В современном мире важным критерием надежного функционирования автомобильной транспортной системы является разработка мероприятий, которые направлены на повышение безопасности дорожного движения, изучение тенденции изменения транспортных потоков, снижение аварийности на автомобильных дорогах. Одним из таких мероприятий является управление транспортными потоками. Ранее были проанализированы существующие методы определения интенсивности движения, описаны их преимущества и недостатки. На основании этого, для решения данных проблем, в работе рассмотрен перспективный метод определения характеристик транспортного потока при помощи системы баллов карт пробок.

Произведен анализ геоинформационной системы «Яндекс.Пробки». Собраны данные об интенсивности и скорости транспортных потоков различных улиц. Подсчет интенсивности производился при помощи городских камер, скорость транспортного потока определялась с помощью карт пробок. На основании данных был построен график зависимости скорости транспортного потока и интенсивности движения, анализ которого позволил сделать вывод о том, что зависимость характеристик транспортных потоков на отдельных участках различна. В связи с этим было принято решение производить оценку дорог отдельно по количеству полос. На основании принятого решения были построены графики, разбитые по группам. В результате анализа полученных математических моделей на примере конкретных улиц установили процентное расхождение натуральных и расчетных данных.

В ходе анализа данных, полученных при мониторинге транспортных потоков, а также построения графиков зависимостей сделан вывод, что предложенная методика допустима, но для большей достоверности требуется провести дополнительные обследования для уточнения зависимостей.

Ключевые слова: интенсивность движения, скорость, транспортный поток, геоинформационная система, карты пробок, характеристики транспортного потока, мониторинг.

R.V. Andronov, D.A. Genze, E.N. Legostaeva. E.V. Belousova

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

DETERMINATION OF TRAFFIC FLOW INTENSITY USING THE SYSTEM OF POINTS OF TRAFFIC JAM MAPS

In the modern world, an important criterion in the functioning of the automobile transport system is the development of measures that are aimed at improving road safety, studying the trend of changes in traffic flows, reducing the accident rate on motorroads. One of these measures is traffic management. Previously, existing methods for determining the intensity of traffic were analyzed; their advantages and disadvantages were examined. Based on this, to solve these problems, a promising method for determining the characteristics of the traffic flow using the system of points of traffic jam map is analyzed in this paper.

In this research the geographic information system Yandex.Traffic Jam has been analyzed. Data on the intensity and speed of traffic flows on various streets were collected. The intensity was calculated using city cameras; the speed of the traffic flow was determined using traffic jam maps. Based on the data, a graph of the dependence of the speed of traffic flow and traffic intensity was built. According to the graph, it was concluded that the dependence of the characteristics of traffic flows in individual sections is different. In this regard, it was decided to evaluate the roads separately by the number of lanes. Based on the decision made, graphs were divided into groups. As a result of the analysis of the obtained mathematical models, using the example of specific streets, the percentage discrepancy between the field and calculated data was established.

During the analysis of the data obtained during the monitoring of traffic flows, as well as the construction of dependency graphs, it is concluded that the proposed method is acceptable, but for greater reliability, additional studies are required to clarify the dependencies.

Keywords: intensity of the traffic, speed, traffic flow, geographic information system, maps of traffic jams, transport flow characteristics, monitoring.

Введение

Высокий уровень автомобилизации современных городов привел к усложнению функционирования автомобильной транспортной системы – увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, повышение аварийности, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание транспортных средств, а также ухудшение экологической ситуации [1, 2].

Одной из важных задач, позволяющих разрабатывать мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения, изучать тенденцию изменения транспортных потоков и эффективно бороться с аварийностью, является оперативное управление транспортными потоками, для чего требуются актуальные данные об их характеристиках [3]. Другая задача заключается в переустройстве улично-дорожной сети, т.е. строительстве новых дорог и реконструкции старых.

Кроме того, возрастающая автомобилизация ведет к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий [4]. Существующие методики позволяют выявлять места концентрации ДТП и предлагать способы решения обнаруженных проблем.

Цель данного исследования состоит в определении зависимости между параметрами движения на автомобильных дорогах различных категорий, разного назначения, состояния дорожного покрытия, которые соответствуют тому или иному баллу загруженности.

Методика исследования транспортных потоков

Для определения интенсивности существуют натурные (визуальные) исследования, заключающиеся в получении фактических характеристик в заданном пространстве и в течение определенного периода [5, 6]. Различают долговременный и кратковременный учет, спутниковое наблюдение и видеомониторинг [7, 8]. Существующие методы имеют ряд недостатков, связанных с большим количеством денежных затрат и времени [9].

Перспективным методом визуального учета является определение характеристик транспортного потока при помощи информационной системы «Яндекс. Пробки» [9].

Согласно статье «Google против Яндекса: чья информация о пробках точнее?»¹ данная система более достоверна, в связи с этим принято решение использовать именно сервис «Яндекс».

На основании ранее проведенной работы [9] для анализа была выбрана методика натурального исследования транспортных потоков. При помощи городских онлайн-камер, которые находятся в открытом доступе, фиксировалась интенсивность транспортных потоков. Также с помощью сервиса «Яндекс.Пробки» определялись следующие параметры: скорость транспортного потока, балл загруженности улиц и соответствующий цвет.

Замеры производились в будние дни в течение одного часа по каждому направлению в период с 9:00 до 22:00, также фиксация производилась по выходным дням в аналогичный период времени.

Согласно официальному сайту² «Яндекс.Пробки» показывает пользователям картину загруженности дорог. Для этого сервис собирает из разных источников данные о загруженности улиц, анализирует их и отображает на «Яндекс.Картах». Сервис рассчитывает балл пробок средний уровень загруженности. Общегородская загруженность дорог отображается по десятибалльной шкале.

Степень загруженности участка дороги (балл) показывается определенным цветом, приведенным на рис. 1.

¹ Балабас Е. Google против Яндекса: чья информация о пробках точнее? [Электронный ресурс] // Общая информация. URL: <https://www.kolesa.ru/article/google-protiv-jandeksa-chja-informacija-o-probkah-tochnnee-2015-11-02> (дата обращения: 01.09.2019).

² Онлайн-сервис «Яндекс.Пробки» [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/maps/probki> (дата обращения: 01.09.2019).

Шкала баллов настроена по-разному для каждого из городов: то, что в Москве – небольшое затруднение, в другом городе – уже серьезная пробка. Например, в Санкт-Петербурге при шести баллах водитель потеряет примерно столько же времени, сколько в Москве уже при пяти.

Для сбора данных о пробках используется подключенный к интернету телефон или планшет с GPS-приемником и установленное на этом устройстве приложение «Яндекс.Навигатор» или «Яндекс.Карты» с включенным режимом «сообщать о пробках», т.е. часть участников движения сами формируют данные о заторах на дорогах.

Каждые несколько секунд устройство передает свои географические координаты, направление и скорость движения в компьютерную систему «Яндекс.Пробки». Все данные обезличены, т.е. не содержат никакой информации о пользователе или его автомобиле. Затем программа-анализатор строит единый маршрут движения с информацией о скорости его прохождения – трек. Треки поступают не только от частных водителей, но и от машин компаний – партнеров Яндекса².

Далее происходит агрегация – процесс объединения информации. Каждые две минуты программа-агрегатор собирает, как мозаику, информацию, полученную от пользователей мобильных «Яндекс.Карт» в одну схему. Эта схема отрисовывается на слое *Пробки* «Яндекс.Карт» – и в мобильном приложении, и на веб-сервисе. С учетом того что количество пользователей подобных сервисов постоянно увеличивается, достоверность получаемых данных со временем только повышается.

Анализ взаимосвязей основных характеристик транспортных потоков

В процессе проведения работы, с целью определения взаимосвязей характеристик транспортного потока, была использована необходимая информация о скорости автомобилей, полученная на основе использования сервиса «Яндекс.Пробки» поисковой системы «Яндекс».

Для лучшей репрезентативности выборки и объективного анализа интенсивности транспортных потоков были подобраны улицы крупных и крупнейших городов с различным количеством полос движения, на которых установлены городские онлайн-камеры, находящиеся в открытом доступе и рабочем состоянии:

г. Омск (перекресток ул. Д. Бедного, 1я Чередовая)
г. Омск (ул. Гусарова, 45)
г. Тюмень, Червишевский тракт (Институт связи)
г. Бийск, Коммунарский пер. (Мост)
г. Тюмень, ул. Широкая (Малахово)
г. Екатеринбург, пр. Ленина (Плотинка)
г. Новокузнецк, ул. Строителей
г. Москва, ул. Трудовая (МКАД)

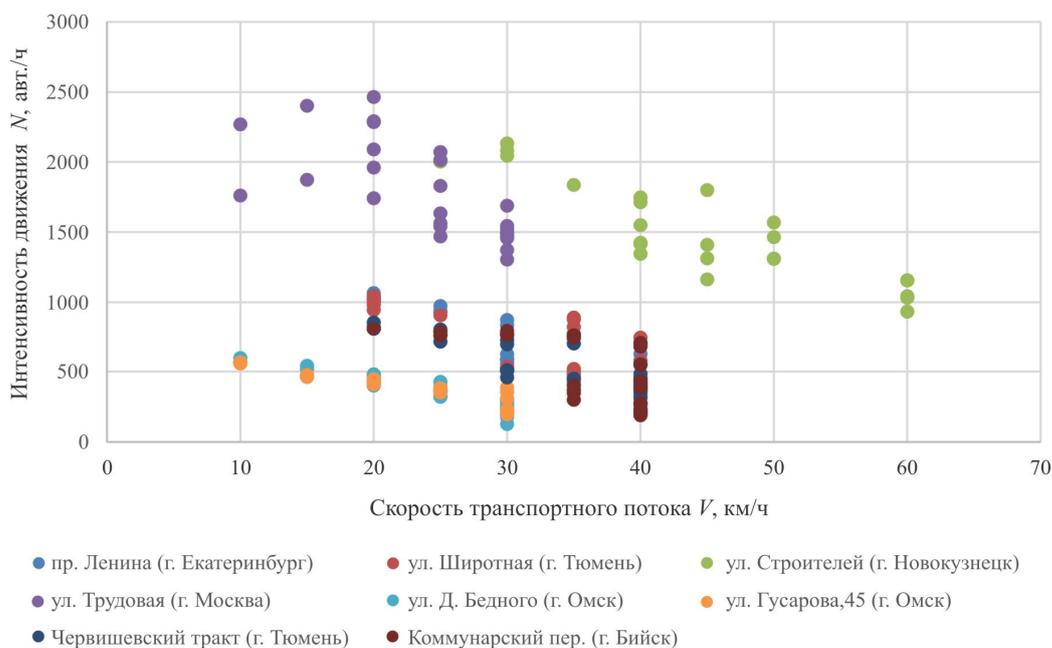
Полученные данные об интенсивности и скорости транспортных потоков исследуемых дорог сведены в график (рис. 2).

В результате построения графика было выявлено, что зависимость характеристик транспортных потоков на отдельных участках различна. Это связано с тем, что на разных типах улиц одному и тому же значению интенсивности могут соответствовать различные скорости движения автомобилей [10]. Так, например, при значении интенсивности, равном 1000 авт./ч, скорость движения может быть как 20 км/ч, так и 40 км/ч.



Рис. 1. Система баллов «Яндекс.Пробки»

² Онлайн-сервис «Яндекс.Пробки» [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/maps/probki> (дата обращения: 01.09.2019).


 Рис. 2. График зависимости скорости транспортного потока V и интенсивности движения N

В городских условиях в дневное время автомобили двигаются в основном вместе с транспортным потоком с максимально разрешенной и возможной скоростью. Таким образом, скорость движения автомобилей в потоке будет примерно одинаковой при определенной интенсивности движения.

Неравномерное распределение скорости движения зависит от уровня загрузки [11, 12]. Уровень загрузки дороги движением – показатель, характеризующий условия и безопасность движения автомобилей и определяемый отношением интенсивности движения автомобилей к пропускной способности этого участка [13].

На загруженность дороги, в свою очередь, влияет количество полос движения [14, 15]. В этом случае рассматривать все дороги в совокупности нецелесообразно.

В связи с этим было принято решение разделить дороги на несколько групп и оценивать их по количеству полос отдельно:

- а – однополосные дороги;
- б – двухполосные дороги;
- в – трехполосные дороги;
- г – четырех- и более полосные дороги.

На основании предложенной методики рассматриваемые дороги были распределены по группам в соответствии с количеством полос (табл. 1).

Таблица 1

Группы дорог по количеству полос

Группа	Географическое местоположение	Количество полос движения в одну сторону
а	г. Омск (перекресток ул. Д. Бедного, 1я Чередовая)	1
	г. Омск (ул. Гусарова, 45)	
б	г. Тюмень, Червишевский тракт (Институт связи)	2
	г. Бийск, Коммунарский пер. (Мост)	
в	г. Тюмень, ул. Широкая (Малахово)	3
	г. Екатеринбург, пр. Ленина (Плотинка)	
г	г. Новокузнецк, ул. Строителей	5
	г. Москва, ул. Трудовая (МКАД)	

По результатам разделения дорог на группы данные измерений были сведены в график, который представлен на рис. 3.

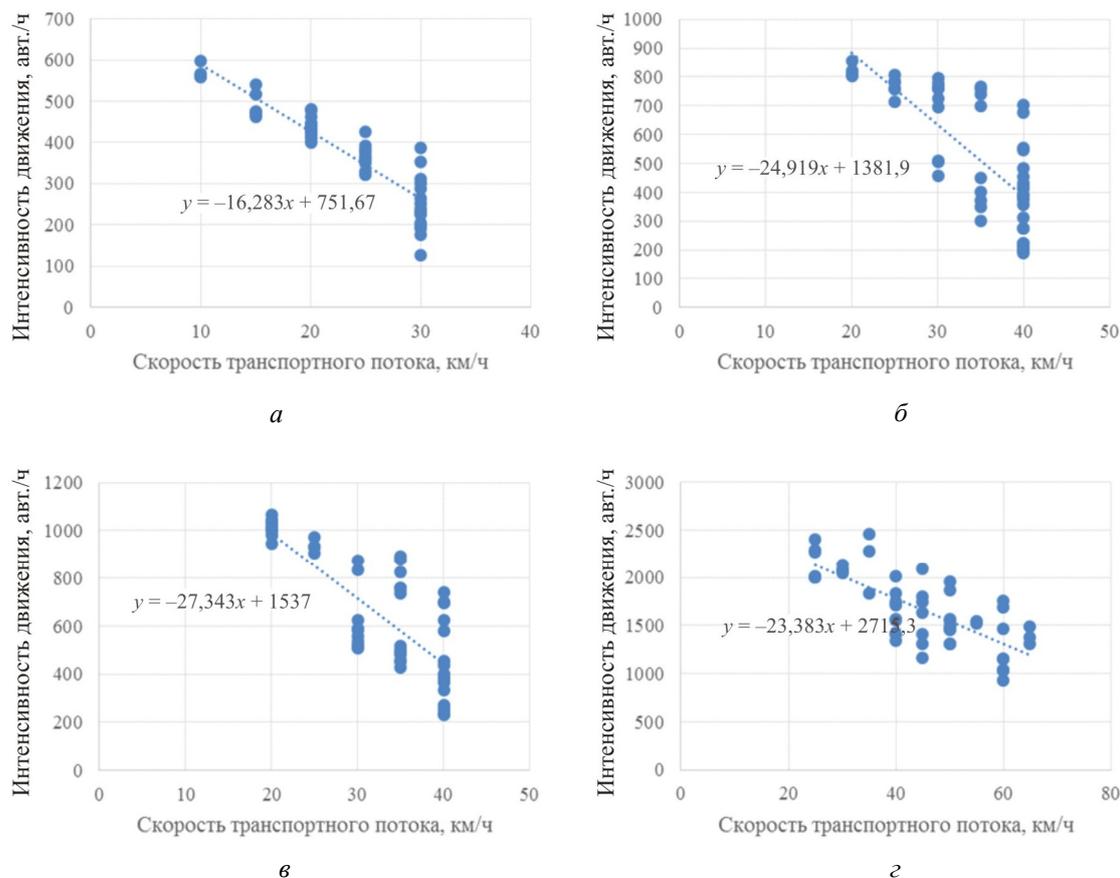


Рис. 3. Графическая зависимость скорости движения автомобилей V и интенсивности транспортного потока N : *а* – однополосная дорога; *б* – двухполосная дорога; *в* – трехполосная дорога; *г* – пятиполосная дорога

В результате построения графиков был получен ряд зависимостей, по которым производился анализ того, насколько фактические значения характеристик транспортного потока отличаются от расчетных результатов. Результаты анализа сведены в табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица анализа

Группа	Фактические данные, авт./ч	Расчетные данные, авт./ч	Расхождение, %
а	432	426	1,39
б	725	634	12,55
в	947	990	4,34
г	1748	1780	1,79

Проверка полученных зависимостей показала, что наиболее точная зависимость принадлежит группе с однополосными дорогами, а больший процент расхождения соответствует двухполосным дорогам.

Вывод

Анализ полученных результатов показал расхождение фактических и расчетных данных от 1,39 до 12,55 %. Минимальный процент расхождения данных соответствует группе однополосных дорог, максимальное различие значений интенсивности принадлежит двухполосным

дорогам. В соответствии с [16] для выбора методов и средств регулирования транспортных потоков достаточной точностью прогнозирования интенсивности движения является 20 %. На первом этапе исследования измерения показывают, что предложенная методика допустима, но для повышения достоверности, в первую очередь на двухполосных дорогах, требуется провести дополнительные обследования для уточнения зависимостей.

Список литературы

1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.
2. Дорожное хозяйство России. Цифры и факты: справ.-ил. материал / Федер. дорожное агентство. – М., 2008. – 400 с.
3. Маркуц В.М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц. – Тюмень, 2008. – 101 с.
4. Robson J.D., Dodds C.J. Stochastic road inputs and vehicle response // *Vehicle Syst. Dynam.* – 1975. – № 5 (1–2). – P. 1–13.
5. Боборыкина Т.Ю. Определение характеристик транспортного потока при неустановившемся движении средств транспорта // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.* – 2005. – С. 36–38.
6. Ваарман В.В., Соловьев В.В. Расчет основных характеристик транспортного потока // *Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: сб. ст.* – Ростов н/Д, 2014. – С. 86–89.
7. Типизация улиц и дорог крупнейших городов Российской Федерации для дистанционного спутникового мониторинга транспортных потоков / В.Д. Тимоховец, В.Н. Ситников, А.А. Тестешев, Д.А. Сысуев // *Вестник гражданских инженеров.* – 2018. – № 2. – С. 246–253.
8. Тестешев А.М., Тестешев А.А., Лощина И.Е. Дистанционный мониторинг транспортных потоков г. Тюмени при различных состояниях дорожного покрытия на основе спутникового наблюдения // *Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии – 2016: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф.* – Тюмень, 2016. – С. 167–173.
9. Гензе Д.А., Белоусова Е.В. Определение характеристик транспортного потока при помощи системы баллов карт пробок // *Организация и безопасность дорожного движения: материалы XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием.* – Тюмень, 2019. – Т. 2. – С. 36–39.
10. Оценка параметров окружающей среды и основных транспортных потоков, определяющих ситуацию на улично-дорожной сети / В.А. Зенченко, А.Н. Ременцов, А.В. Павлов, А.В. Сотсков // *Современные наукоемкие технологии.* – 2012. – № 2 – С. 52–59.
11. Черненко А.О., Халипова Н.В., Лесникова И.Ю. Щодо моделювання транспортних потоків для аналізу завантаженості доріг в містах // *Транспортні системи та технології перевезень: сб. ст.* – Дніпро, 2016. – С. 90–95.
12. Румянцев Е.А., Драгунов А.Ф. Необходимость разработки оценок уровня организации дорожного движения // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование: сб. ст.* – Иркутск, 2012. – С. 227–229.
13. Нагуманова А.В., Фоменко Н.А. Анализ уровня загрузки УДС Волгограда и планировочное решение транспортных узлов // *XXI Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области: тез. докл., г. Волгоград, 8–11 нояб. 2016 г.* – Волгоград: ВолГУ, 2017. – 288 с.
14. Анохин Б.Б., Волынский Б.М. Создание автоматизированного учета движения на федеральных автомобильных дорогах // *Автомобильные дороги.* – 2003. – № 5. – 63 с.
15. Алексиков С.В., Пузиков А.В. Комплексная методика определения интенсивности движения автомобильного транспорта // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура.* – 2004. – Вып. 4 (13).
16. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1997. – 303 с.

References

1. Driu D. Teoriia transportnykh potokov i upravlenie imi [Theory of traffic flows and their management] Moscow, Transport, 1972, 423 p.
2. Dorozhnoe khoziaistvo Rossii. Tsify i fakty: spravochno-illustratsionnyi material [Road facilities in Russia. Facts and figures: background and illustration material] Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo, 2008, 400 p.
3. Markuts V.M. Transportnye potoki avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits [Traffic flows of roads and city streets] Tiumen', 2008, 101 p.
4. Robsona J.D., Dodds C.J. (1975) Stochastic road inputs and vehicle response [J] Vehicle Syst. Dynam, no. 5 (1-2), pp. 1–13.
5. Boborykina T.Iu. Opredelenie kharakteristik transportnogo potoka pri neustanovivshemsia dvizhenii sredstv transporta [Determination of the characteristics of the traffic flow during unsteady movement of vehicles] *Vestnik Khar'kovskogo Natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 2005, pp. 36-38.
6. Vaarman V.V., Solov'ev V.V. Raschet osnovnykh kharakteristik transportnogo potoka [Calculation of the main characteristics of the traffic flow] *Sovremennye informatsionnye tekhnologii: tendentsii i perspektivy razvitiia*, Rostov on Don, 2014, pp. 86-89.
7. Timokhovets V.D., Sitnikov V.N., Testeshev A.A., Sysuev D.A. Tipizatsiia ulits i dorog krupneishikh gorodov rossiiskoi federatsii dlia distantsionnogo sputnikovogo monitoringa transportnykh potokov [Typification of streets and roads of the largest cities of the Russian Federation for remote satellite monitoring of traffic flows] *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2018, no.2, pp. 246-253.
8. Testeshev A.M., Testeshev A.A., Loshchina I.E. Distantsionnyi monitoring transportnykh potokov g. Tiumeni pri razlichnykh sostoiianiakh dorozhnogo pokrytiia na osnove sputnikovogo nabludeniia [Remote monitoring of traffic flows in the city of Tyumen under various road conditions based on satellite observation] International scientific and practical conference "Aktual'nye problemy arkhitektury, stroitel'stva, energoeffektivnosti i ekologii", Tiumen', 2016, pp. 167-173.
9. Genze D.A., Belousova E.V. Opredelenie kharakteristik transportnogo potoka pri pomoshchi sistemy ballov kart probok [Characterization of traffic flow using the system of points of traffic jam maps] International scientific and practical conference "Organizatsiia i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniia", Tiumen', 2019, vol. 2, pp. 36-39.
10. Zenchenko V.A. Rementsov A.N. Pavlov A.V. Sotskov A.V. Otsenka parametrov okruzhaiushchei sredy i osnovnykh transportnykh potokov, opredel'aiushchikh situatsiiu na ulichno-dorozhnoi seti [Assessment of environmental parameters and main traffic flows that determine the situation on the road network] *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2012, no. 2, pp. 52-59.
11. Chernenko A.O., Khaliipova N.V., Lesnikova I. Iu. Щодо моделювання транспортних потоків для аналізу завантаженості доріг в містах, *Transportni sistemi ta tekhnologii perevezen'*, 2016, pp. 90-95.
12. Rumiantsev E.A., Dragunov A.F. Neobkhodimost' razrabotki otsenok urovnia organizatsii dorozhnogo dvizheniia [The need to develop estimates of the level of traffic management] *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie*, 2012, pp. 227-229.
13. Nagumanova A. V., Fomenko N. A. Analiz urovnia zagruzki UDS Volgograda i planirovochnoe reshenie transportnykh uzlov [Analysis of the load level of the Volgograd street-road network and planning decision of transport hubs] XXI Regional conference of young researchers Volgogradskoi oblasti, 8-11 november 2016, Volgograd: VolGU, pp. 99-100
14. Anokhin B.B., Volynskii B.M. Sozdanie avtomatizirovannogo ucheta dvizheniia na federal'nykh avtomobil'nykh dorogakh [Creation of automated traffic accounting on federal highways] *Avtomobil'nye dorogi*, 2003, no. 5, 63 p.
15. Aleksikov S.V., Puzikov A.V. Kompleksnaia metodika opredeleniia intensivnosti dvizheniia avtomobil'nogo transporta [Integrated methodology for determining the intensity of road traffic] *Vestnik Volgogr. gosud. arkh.-stroit. un-ta*, 2004, vol. 4(13), pp. 81-86
16. Sil'ianov V.V. Teoriia transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniia [The theory of traffic flows in road design and traffic management] Moscow, «Transport», 1997, 303 p.

Получено 14.10.2019

Об авторах

Андронов Роман Валерьевич (Тюмень, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, e-mail: andronovrv@tyuiu.ru).

Гензе Дмитрий Александрович (Тюмень, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, e-mail: genzeda@tyuiu.ru).

Легостаева Елена Николаевна (Тюмень, Россия) – ассистент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, e-mail: legostaevaen@tyuiu.ru).

Белуsoва Елизавета Вадимовна (Тюмень, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, e-mail: not_found159@mail.ru).

About the authors

Roman V. Andronov (Tyumen, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Roads and Airfields, Industrial University of Tyumen (2, Lunacharskiy st., Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: andronovrv@tyuiu.ru).

Dmitry A. Genze (Tyumen, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Roads and Airfields, Industrial University of Tyumen (2, Lunacharskiy st., Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: genzeda@tyuiu.ru).

Elena N. Legostaeva (Tyumen, Russian Federation) – Assistant, Department of Roads and Airfields, Industrial University of Tyumen (2, Lunacharskiy st., Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: legostaevaen@tyuiu.ru).

Elizaveta V. Belousova (Tyumen, Russian Federation) – Master Student, Department of Roads and Airfields, Industrial University of Tyumen (2, Lunacharskiy st., Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: not_found159@mail.ru).