

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА ЗНАЧЕНИЕ ПОТОКА НАСЫЩЕНИЯ

А. Г. Шевцова¹, А. Г. Бурлуцкая², А. А. Юнг³

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, Белгород, Россия

¹ e-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

² e-mail: alinabur1995@mail.ru

³ e-mail: yungnastena33@gmail.com

Аннотация. В результате изменений, которые претерпел автомобильный рынок за последние десятилетия, на дороге появилось большое количество разнообразных автомобилей, отличных, в первую очередь, конструктивными (длина, ширина, высота, масса и др.), а также динамическими (мощность, время торможения, радиус поворота и др.) характеристиками. При их учете в качестве характеристик условного автомобиля, заложенного в изначальную модель расчета параметров регулируемого перекрестка, возможно получить вариативные данные, которые окажут влияние на итоговый результат – значение потока насыщения.

С целью определения вариативности значений ПН с учетом определенных параметров условного автомобиля проведено исследование, представленное в данной статье. Основные задачи исследования заключались в анализе состава ТП; определении конструктивных и динамических характеристик наиболее часто встречающихся в потоке автомобилей; установлении параметров условного автомобиля, определенного калиброванным, и расчет ПН с последующим сравнением полученных данных.

При выполнении исследования применены методы натуральных наблюдений, анализа и математического расчета. Расчеты выполнены с использованием математической модели, применяемой для определения значения ПН при выполнении поворота, зависящей от радиуса поворота. В исследовании данная модель была определена в качестве основной ввиду того, что на многих участках дорожной сети радиусы поворота изменяются в значительных пределах в отличие от базовой модели, зависящей от ширины полосы, которая в большинстве случаев является стандартизированной или же изменяется не так значительно, как радиусы поворота.

По результату расчетов получена вариативность значений ПН в 7% для минимального значения радиуса поворота и 20% для максимального значения, что требует проведения дальнейших исследований по оценке влияния полученных результатов на расчетные параметры работы светофора – длительности основных тактов и всего цикла, а также на параметры самого ТП при установлении новых, уточненных циклов работы.

Ключевые слова: светофорное регулирование, поток насыщения, состав транспортного потока, легковые автомобили, технические параметры условного автомобиля, радиус поворота.

Для цитирования: Шевцова А. Г., Бурлуцкая А. Г., Юнг А. А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 1. – С. 126–134, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-126>.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF VEHICLE PARAMETERS ON THE VALUE OF THE SATURATION FLOW

A. G. Shevtsova¹, A. G. Burlutskaya², A. A. Jung³

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

¹ e-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

² e-mail: alinabur1995@mail.ru

³ e-mail: yungnastena33@gmail.com

Abstract. As a result of the changes that the car market has undergone over the past decades, a large number of various cars have appeared on the road, which are excellent primarily in design characteristics (length, width, height, weight, etc.), as well as dynamic (power, braking time, turning radius, etc.). When they are taken into account as the characteristics of a conventional car, incorporated into the initial model for calculating the parameters of a controlled intersection, it is possible to obtain variable data that will affect the final result – the value of the saturation flow.

In order to determine the variability of the saturation flow values, taking into account certain parameters of a conventional car, the study presented in this article was carried out. The main objectives of the study were to analyze the composition of the traffic flow; determining the design and dynamic characteristics of the most common vehicles in the stream; establishing the parameters of a conditional car, determined by the calibrated one and calculating the saturation flux with subsequent comparison of the data obtained.

When carrying out the research, the methods of field observations, analysis and mathematical calculation were used. The calculations were performed using a mathematical model used to determine the value of saturation flux when performing a turn, depending on the turning radius. In the study, this model was determined as the main one due to the fact that on many sections of the road network the turning radii change significantly, in contrast to the basic model, which depends on the lane width, which in most cases is standardized or does not change as much as turning radii.

Based on the results of calculations, the variability of the ST values was obtained at 7% for the minimum value of the turning radius and 20% for the maximum value, which requires further research to assess the influence of the obtained results on the calculated parameters of the traffic light operation – the duration of the main ticks and the duration of the entire cycle, as well as on the parameters the transport stream itself when establishing new, refined work cycles.

Key words: traffic light regulation, saturation flow, composition of traffic flow, cars, technical parameters of a conventional vehicle turning radius.

Cite as: Shevtsova, A. G., Burlutskaya, A. G., Yung, A. A. (2022) [Assessment of the influence of vehicle parameters on the value of the saturation flow]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 1, pp. 126–134, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-126>.

Введение

Увеличение объема перевозок в совокупности с рекордными темпами автомобилизации, безусловно, оказывают влияние на значение интенсивности дорожного движения [4], и как следствие – на безопасность [14]. Результат такого явления можно заметить на основных питающих городских магистралях и в местах пересечений, например, регулируемых перекрестках. На таких участках транспортные задержки увеличиваются, в результате чего скорость сообщения снижается, перерасходуется топливо транспортных средств и повышается изнашивание транспортных узлов и агрегатов [2].

Создание условий для безопасного дорожного движения в городах требует внедрения ряда архитектурно-планировочных и организационных мероприятий. Для реализации архитектурно-планировочных мероприятий нужны большие денежные и временные затраты. Благодаря же организационным мероприятиям можно прийти к более быстрому решению, которое в сравнении с первым типом мероприятий является затратным.

Светофорное регулирование – один из наиболее эффективных методов управления движением на пересечении, которое сегодня исследуется многими зарубежными и отечественными учеными [1, 4, 7, 11, 13, 16, 17, 18], наибольшее распространение в исследованиях получили количественные параметры, например интенсивность, что представлено в работах Агуреева И. Е. [1], Витолина С. В. [4] и методы эффективного управления с учетом изменения задержек транспортных средств, что представлено в работах Лагерва Р. А. и Михайлова А. Ю. [11]. Ввиду активной цифро-

визации и интеллектуализации распространение получают и данные виды управления транспортными потоками, которые представлены в работах Жанказиева С. В. [7], Наумовой Н. А. [13].

Менее исследованным направлением движения является левоповоротное движение путем просачивания [5, 6, 8]. На настоящее время не существует точной методики, позволяющей определять пропускную способность движения одной полосы левого конфликтного и прямого потоков. В соответствии с ОДМ 218.6.003-2011 г. пропускная способность полосы, предназначенной для левого поворота, зависит от интенсивности основного потока [12]. Левоповоротное направление рекомендовано пропускать на просачивание через встречный прямой поток, от которого зависит длительность основных тактов, если его интенсивность не превышает 120 авт/ч.

Изыскания в научных источниках основываются на одном параметре – потоке насыщения [12]. В связи с тем, что интенсивность транспортных средств значительно увеличилась, а технические параметры автомобилей совершенствовались (габаритные размеры, мощность, динамика и др.), необходимо учесть данные особенности изменения характеристик транспортного потока при расчете разрешающего такта для левоповоротного движения.

Основная цель исследования заключается в определении вариативности значений ПН с учетом определенных параметров условного автомобиля. Научная новизна исследования заключается в обосновании зависимости расчетной величины ПН с параметрами автомобилей, входящих в состав ТП.

Исследование

Объектом исследования является регулируемое пересечение в г. Белгород – пересечение Белгород-

ский проспект – проспект Богдана Хмельницкого (рисунок 1).



Рисунок 1. Снимок со спутника пересечения пр-та Б. Хмельницкого – пр-т Белгородский
Источник: Google Карты – Режим доступа: <https://www.google.ru/maps/> (дата обращения: 25.08.2021)

В первую очередь на пересечении была исследована разнородность транспортного потока [3], а также изучена статистика продаваемых транспортных средств (ТС) в Белгородской области за 2020-2021 гг. Распространенными ТС являются следующие марки: LADA: ВАЗ 2170, 2110, 2114, Lada Kalina;

Hyundai Solaris; KIA Rio, Toyota Corolla, Toyota Camry; Renault Logan; Volkswagen Polo; Nissan Qashqai; Mazda3; Mazda CX 5; Mitsubishi Lancer; Audi A6; BMWx6; Chevrolet Lacetti, Daewoo Matiz и др. (рисунок 2).

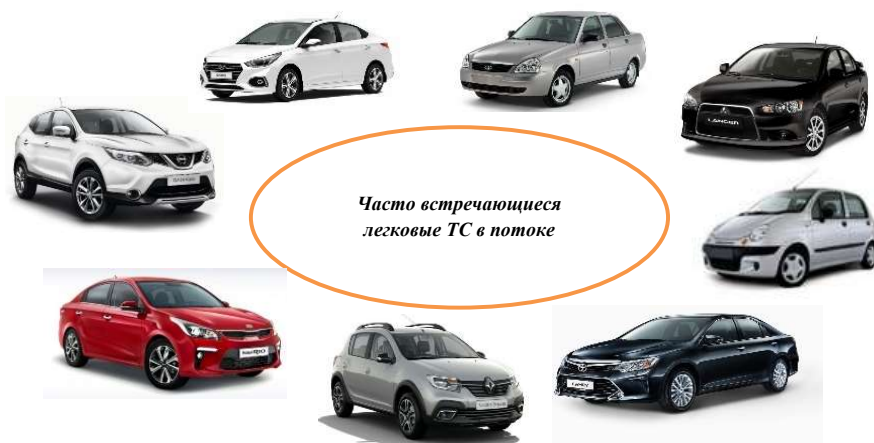


Рисунок 2. Пример разнородности транспортного потока в Белгородской области
Источник: разработано авторами

Легковые транспортные средства очень разнообразны и все отличаются своими габаритными

параметрами, мощностью и скоростными характеристиками. Так как технические характеристики

непосредственно влияют на поток насыщения, необходимо рассмотреть эти показатели для легковых автомобилей, наиболее часто встречающихся в транспортном потоке. Для дальнейшего исследования необходимо определить параметры транс-

портных средств, ранее не использовавшиеся при расчете потока насыщения, и вычислить характеристики калиброванного автомобиля с усредненными параметрами, который будет использоваться в дальнейших расчетах (таблица 1).

Таблица 1. Технические характеристики транспортных средств, наиболее часто встречающихся в городском транспортном потоке

Модификация ТС	Мощность, л.с.	Время разгона до 100 км/ч за сек.	Длина × ширина × высота, мм	Колесная база, мм	Полная масса, кг	Радиус поворота, м
BA3 2170 LADA PRIORA	106	11,5	4400x1680x1420	2492	1570	5,5
BA3 2112	91	12,5	4170x1680x1420	2492	1545	5,2
Hyundai Solaris	107	11,4	4375x1700x1470	2570	1565	5,2
KIA Rio	107	12,3	4240x1695x1470	2500	1560	5,2
Toyota Camry	167	9,1	4815x1820x1480	2775	1520	5,5
Renault Logan	113	10,7	4346x1733x1517	2634	1550	5,5
Volkswagen Polo	125	9,0	4390x1699x1467	2553	1740	5,4
Mazda 3	120	11,9	4475x1795x1450	2700	1775	5,7
Nissan Qashqai	115	12	4320x1780x1610	2630	1830	5,3
Mitsubishi Lancer	117	10,8	4570x1760x1505	2635	1750	5,5
Audi A6	190	7,9	4933x2086x1461	2912	2115	5,0
BMW x6	381	5,2	4909x1989x1702	2933	2900	6,4
Chevrolet Lacetti	95	11,6	4515x1725x1445	2600	1660	5,2
Daewoo Matiz	64	17	3595x1595x1520	2375	770	4,55

Источник: Технические характеристики автомобилей [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.autowe.ru/> (дата обращения: 25.08.2021)

На основании данных, представленных в таблице 1, определены основные характеристики калиброванного автомобиля, как машины с усреднен-

ными параметрами наиболее часто встречающихся транспортных средств в транспортном потоке (таблица 2).

Таблица 2. Технические характеристики калиброванного автомобиля

Мощность, л.с.	Время разгона до 100 км/ч за сек.	Длина × ширина × высота, мм	Колесная база, мм	Полная масса, кг	Радиус поворота, м
126	10,9	4653×1766×1472	2628	1703	5,4

Источник: разработано авторами

Изучив разнородность транспортного потока и рассчитав габаритную длину калиброванного автомобиля, необходимо произвести учет полученных характеристик, при расчете величины потока насыщения для поворотного направления, что позволит в некоторой степени осуществить ситуаци-

онное управление транспортными потоками [15].

Классическая формула потока насыщения (M_n) является основной при расчете поворотного направления и учитывает только один параметр – радиус поворота [5, 6]:

$$M_n = \frac{1800}{1 + \left(\frac{1,525}{r}\right)} \quad (1)$$

где r – радиус поворота.

Однако, исходя из различных определений данного понятия, пропускная способность зависит не

только от радиуса поворота, но и от многих других факторов: дорожные условия, состав транспортно-го потока, погодные изменения, психологические и физиологические особенности водителей, конструкция транспортного средства. Изменение одного из ранее перечисленных факторов влияет на

пропускную способность [9, 10].

Проанализировав все факторы и существующие методики расчета потока насыщения для поворотных направлений, в рамках проведенного исследования была усовершенствована формула расчета потока насыщения для поворотного направления:

$$M_{н\text{пов}} = \frac{3600 \cdot (3,6\sqrt{Rg\varphi_c})}{L_a + (T \cdot v + \frac{v^2}{2j_3})} \quad (2)$$

где

- R – радиус поворота, м;
- φ – коэффициент сцепления;
- L_a – габаритная длина калиброванного легкового автомобиля, м;
- T – время торможения, сек.;
- v – критическая скорость движения автомобиля при заносе, м/сек.;
- j_3 – величина установившегося замедления, м/сек².

Анализ результатов исследований

На основе применения классической и усовершенствованной формулы определена максимальная пропускная способность левоповоротного направления на исследуемом перекрестке пр.-т

Б. Хмельницкого – пр.-т Белгородский. Радиус поворота легковых транспортных средств по исследуемому направлению ($R_{пов}$) составляет 20 м. Поток насыщения, рассчитанный с использованием классической формулы (1), составил $M_{н} = 1673$ ед/ч, с использованием усовершенствованной формулы (2) – $M_{н\text{пов}} = 1485$ ед/ч, величина отклонения (Δ) составила 12,6%.

Для определения вариативности значений при изменении радиуса поворота в рамках исследования произведены расчеты с учетом технических параметров калиброванного автомобиля с использованием формулы (2) и с использованием классической формулы (1) без учета параметров калиброванного автомобиля (таблица 3, рисунок 3).

Таблица 3. Результаты расчетов ПН при различных радиусах поворота

Радиус поворота, R (м)	$M_{н}$ – с учетом параметров калиброванного автомобиля (ед/ч)	$M_{н}$ – без учета параметров калиброванного автомобиля (ед/ч)
15	1518	1634
16	1511	1643
17	1505	1651
18	1498	1659
19	1491	1666
20	1485	1673
21	1477	1678
22	1470	1683
23	1463	1688
24	1456	1692
25	1450	1696
26	1442	1700
27	1435	1703
28	1429	1707
29	1427	1710
30	1419	1714

Источник: разработано авторами

Зная величину радиуса поворота, была определена максимальная пропускная способность

для поворотной полосы с учетом параметров калиброванного автомобиля и установлены матема-

тические законы распределения рассматриваемых величин с определенной степенью достоверности, что представлено на рисунке 3. При минимальном радиусе поворота вариативность, определяемая процентом отклонения, составила 7,6%, при максимальном – 30 м – 20,7%. Несмотря на линейное

распределение исследуемой величины, отклонения данных в минимальных и максимальных значениях являются существенными, что требует проведения дополнительных исследований и уточнения методов расчета.

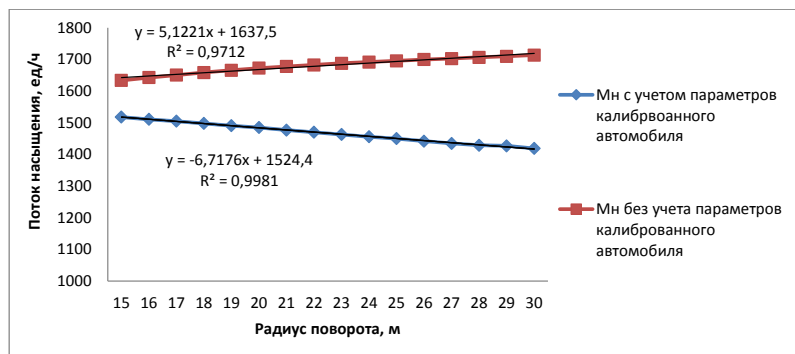


Рисунок 3. Графическое представление расчетов величины ПН с учетом и без учета параметров калиброванного автомобиля, в зависимости от изменения радиуса поворота

Источник: разработано авторами

С учетом параметров калиброванного автомобиля, при радиусе поворота 15 м (таблица 3, рисунок 3), обеспечивается наивысшая пропускная способность, в данном случае значение ПН будет составлять 1518 ед/час. Но учитывая технические параметры калиброванного легкового автомобиля и иные параметры, входящие в состав формулы (2) [19, 20], значения ПН будут постоянно изменяться. Однако это позволяет принять в расчет ранее не учитываемые параметры, скорость движения, состояние проезжей части и иные.

Заключение

Ежегодно разнородность транспортного потока изменяется, появляются марки ТС с улучшенными модификациями (маневренность, мощность, габариты и др.), в результате чего возникает необходимость анализа влияния этих изменений, например при управлении ТП. В выполненном исследовании были определены параметры калиброванного автомобиля, которые приняты в расчеты величины ПН с учетом радиуса поворота. Получены значения ПН с учетом и без учета установленных параметров калиброванного автомобиля и проведен их анализ. Определена необходимость выполнения дальнейших исследований, которая будет заключаться в оценке влияния полученных значений на расчетные параметры управления – длительности основных тактов и цикла регулирования для анализа изменения основных характеристик ТП – величины задержки, средней скорости движения, длины очереди и расхода топлива.

ри и др.), в результате чего возникает необходимость анализа влияния этих изменений, например при управлении ТП. В выполненном исследовании были определены параметры калиброванного автомобиля, которые приняты в расчеты величины ПН с учетом радиуса поворота. Получены значения ПН с учетом и без учета установленных параметров калиброванного автомобиля и проведен их анализ. Определена необходимость выполнения дальнейших исследований, которая будет заключаться в оценке влияния полученных значений на расчетные параметры управления – длительности основных тактов и цикла регулирования для анализа изменения основных характеристик ТП – величины задержки, средней скорости движения, длины очереди и расхода топлива.

Литература

1. Агуреев И. Е., Кретов А. Ю., Мацур И. Ю. Исследование алгоритмов светофорного регулирования перекрестка при различных параметрах транспортного потока // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. № 7–2. С. 54–61.
2. Басков В. Н., Игнатов А. В. Анализ методов расчета и оценки задержек транспортного потока на улично-дорожной сети // Вестник развития науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 14–19.
3. Боровской А. Е., Шевцова А. Г. Методы определения потока насыщения автотрассы // Мир транспорта. – 2013. – Т. 11. № 3 (47). – С. 44–51.
4. Витолин С. В. Влияние изменений интенсивности дорожного движения на качество функционирования проблемных регулируемых перекрестков // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3 (23). – С. 159–166.
5. Дорохин С. В., Лихачев Д. В. Анализ подходов к вводу специализированной левоповоротной полосы при использовании светофорного регулирования // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3 (66). – С. 43–50.
6. Дорохин С. В., Лихачев Д. В. К вопросу расчета потока насыщения на регулируемых пересечениях // Научная мысль. – 2017. – № 2. – С. 33–37.
7. Жанказиев С. В., Воробьев А. И., Бачманов М. Д. Оптимизация адаптивного управления свето-

формными объектами в рамках директивного управления транспортным потоком // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2016. – № 4 (47). С. 138–143.

8. Жигадло А. П., Дорохин С. В., Лихачев Д. В. Новый подход к вводу дополнительной левоповоротной секции светофорного регулирования // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16. № 4 (68). – С. 432–445.

9. Зырянов В. В. Методы определения минимального необходимого уровня насыщения улично-дорожной сети пробными автомобилями // Научное обозрение. – 2014. – № 11–3. – С. 949–952.

10. Кисурин А. А. Совершенствование систем автоматизации светофорной сигнализации // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – № 4 (30). – С. 44–47.

11. Лагерева Р. Ю., Михайлов А. Ю., Лагерева С. В. Методика предупреждения сетевых транспортных заторов // Вестник НЦБЖД. – 2010. – № 5. С. 82–88.

12. Михайлов А. Ю., Попова Е. Л., Гайворонский И. Л. Анализ методик расчета пропускной способности пересечений в одном уровне // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. № 12 (143). – С. 231–238.

13. Наумова Н. А., Домбровский А. Н., Данович Л. М. Метод управления светофорной сигнализацией в условиях функционирования интеллектуальных транспортных систем // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–1. – С. 64–68.

14. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И. А. Новиков [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3 (66). – С. 58–64.

15. Рассоха В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами (часть 1. Системная эффективность эксплуатации автомобильного транспорта) // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9 (103). – С. 148–153.

16. Day C., Bullock D., and Sturdevant J. Cycle-length performance measures: revisiting and extending fundamentals, *Transportation Research Record*, 2009, Vol. 2128, pp. 48–57. DOI: doi.org/10.3141/2128-05.

17. Chang T. H., Lin J.-T. Optimal signal timing for an oversaturated intersection, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2000, Vol. 34, no. 6, pp. 471–491. DOI: 10.1016/S0191-2615(99)00034-X.

18. Learning traffic as images: a deep convolutional Neural Network for large-scale transportation Network speed prediction / Ma X. et al. 2017, *Sensors*, 17(4), pp. 1–16. DOI: 10.3390/s17040818.

19. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Study of the impact of type and condition of the road surface on parameters of signalized intersection *Transportation Research Procedia*. 2018, Vol. 36, pp. 548–555. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.154.

20. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city. *Journal of Applied Engineering Science*. 2019, Vol. 17. № 2, pp. 175–181. DOI: 10.5937/jaes17-18117.

References

1. Agureev, I. E., Kretov, A. Yu., Matur, I. Yu. (2013) [Investigation of algorithms for traffic light regulation of an intersection with different parameters of the traffic flow]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of the Tula State University. Technical science]. Vol. 7–2, pp. 54–61. (In Russ.).

2. Baskov, V. N., Ignatov, A. V. (2014) [Analysis of methods for calculating and estimating traffic delays on the road network]. *Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya* [Bulletin of the Development of Science and Education]. Vol. 2, pp. 14–19. (In Russ.).

3. Borovskoi, A. E., Shevtsova, A. G. (2013) [Methods for determining the saturation flow of the highway]. *Mir transporta* [World transport]. Vol. 11. No. 3 (47), pp. 44–51. (In Russ.).

4. Vitolin, S. V. (2018) [Influence of changes in traffic intensity on the quality of functioning of problematic regulated crossings]. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems]. Vol. 3 (23), pp. 159–166. (In Russ.).

5. Dorokhin, S. V., Likhachev, D. V. (2019) [Analysis of approaches to the introduction of a specialized left-turn lane when using traffic light regulation]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [The world of transport and technological machines]. Vol. 3 (66), pp. 43–50. (In Russ.).

6. Dorokhin, S. V., Likhachev, D. V. (2017) [On the issue of calculating the saturation flow at regulated intersections]. *Nauchnaya mysl'* [Scientific Thought]. Vol. 2, pp. 33–37. (In Russ.).

7. Zhankaziev, S. V., Vorobiev, A. I., Bachmanov, M. D. (2016) [Optimization of adaptive control of traffic light objects in the framework of directive traffic control]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)* [Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)]. Vol. 4 (47), pp. 138–143. (In Russ.).

8. Zhigadlo, A. P., Dorokhin, S. V., Likhachev, D. V. (2019) [A new approach to the introduction of an additional left-turn section of traffic light regulation]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University]. Vol. 16. No. 4 (68), pp. 432–445. (In Russ.).
9. Zyryanov, V. V. (2014) [Methods for determining the minimum required level of saturation of the road network with test cars]. *Nauchnoye obozreniye* [Scientific Review]. Vol. 11–3, pp. 949–952. (In Russ.).
10. Kisurin, A. A. (2017) [Improvement of automation systems of light-form signaling]. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. Vol. 4 (30), pp. 44–47. (In Russ.).
11. Lagerev, R. Yu., Mikhailov, A. Yu., Lagereva, S. V. (2010) [Methods for preventing network traffic congestion]. *Vestnik NTSBZHD* [Bulletin of the NCBZD]. Vol. 5, pp. 82–88. (In Russ.).
12. Mikhailov, A. Yu., Popova, E. L., Gaivoronsky, I. L. (2018) [Analysis of methods for calculating the throughput of intersections in one level]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. Vol. 22. No. 12 (143), pp. 231–238. (In Russ.).
13. Naumova, N. A., Dombrovsky, A. N., Danovich, L. M. (2017) [A method of control of traffic light signaling in the conditions of functioning of intelligent transport systems]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental research]. Vol. 9–1, pp. 64–68. (In Russ.).
14. Novikov, I. A., Kravchenko, A. A., Shevtsova, A. G., Vasilyeva, V. V. (2019) [Scientific and methodological approach to reducing accidents on the roads of the Russian Federation]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 3 (66), pp. 58–64. (In Russ.).
15. Rassoja, I. (2009) [Situational management of motor vehicle systems (Part 1. System efficiency of motor vehicle operation)]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. Vol. 9 (103), pp. 148–153. (In Russ.).
16. Day, S., Bullock, D. and Sturdevant, J. (2009) Cycle duration indicators: Revision and extension of the basic principles. Report on the Re-research of Transport, Vol.2128, pp. 48–57. – DOI: doi.org/10.3141/2128-05.
17. Chang, T. H., Lin, J.-T. (2000) Optimal time for the alarm to an oversaturated intersection, transportation Research, Part b: Methodological, Volume 34, No. 6, pp. 471–491. – DOI: 10.1016/S0191-2615(99)00034-X.
18. Ma, X., Dai, Z., He, Z., Na, J., Wang, Y. and Wang, Y. (2017) Study of traffic as images: a deep convolutional neural network to predict the speed of large-scale transportation network. *Sensors*, 17(4), pp. 1–16. – DOI: 10.3390/s17040818 (In Engl.).
19. Novikov, A., Novikov, I., Shevtsova, A. (2018) Investigation of the influence of the type and condition of the pavement on the parameters of the signaled procedure for the study of intersectional transportation. Vol. 36, pp. 548–555. – DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.154. (In Engl.).
20. Novikov, A., Novikov, I., Shevtsova, A. (2019) Simulation of traffic light signaling depending on the quality of traffic flow in the city. *Journal of Applied Engineering Sciences*. Vol. 17. No. 2, pp. 175–181. – DOI: 10.5937/jaes17-18117. (In Engl.).

Информация об авторах:

Анастасия Геннадьевна Шевцова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, Белгород, Россия
e-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Алина Геннадьевна Бурлуцкая, аспирант, направление подготовки 15.06.01 Машиностроение, ассистент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия
e-mail: alinabur1995@mail.ru

Анастасия Алексеевна Юнг, магистрант, направление подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия
e-mail: yungnastena33@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 11.09.2021; принята в печать: 09.02.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Anastasia Gennad'evna Shevtsova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Organization of Safety Road Traffic, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia
e-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Alina Gennad'evna Burlutskaya, postgraduate student, training program 15.06.01 Mechanical engineering, Assistant of the Department of Organization of Safety Road Traffic, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia
e-mail: alinabur1995@mail.ru

Anastasia Alekseevna Jung, postgraduate student, training program 23.04.01 Transport process technology, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
e-mail: yungnastena33@gmail.com

The paper was submitted: 11.09.2021.

Accepted for publication: 09.02.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.