

DOI: 10.34220/2311-8873-2022-64-73



УДК 656.052

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КООРДИНИРУЕМОГО УЧАСТКА

✉¹ **Дорохин Сергей Владимирович**
доктор технических наук,
доцент, профессор кафедры автомобилей
и сервиса ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ
e-mail: dsvvrn@yandex.ru

Артемов Александр Юрьевич
аспирант автомобильного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Аннотация.

Координированное управление, это один из способов повышения эффективности работы магистральных улиц, с использованием координированного режима управления возможно снизить возникновение основных неблагоприятных ситуаций на управляемом участке дорожной сети – длительные простои, непреднамеренные задержки и даже ДТП. Но в условиях современных городов, довольно часто складываются ситуации, когда интенсивность на связующих участках довольно высока и превышает интенсивность на координируемом участке, в этом случае, эффективность управления необходимо оценить. В связи с этим, основная цель исследования заключается в оценке эффективности работы координированного участка с учетом варьирования показателей интенсивности, как на основном участке (магистральной улице), так и на связных участках.

Ключевые слова: КООРДИНИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, МАГИСТРАЛЬНАЯ УЛИЦА, СВЯЗНЫЕ УЧАСТКИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ИНТЕНСИВНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ.

ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF THE COORDINATED SECTION

✉¹ **Dorohin Sergei Vladimirovich**
doctor of technical sciences, associate professor,
professor of the department of automobiles and
service Federal State Budget Educational Institu-
tion of Higher Education "Voronezh State Univer-
sity of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov", Voronezh, RF
e-mail: dsvvrn@yandex.ru

Artemov Aleksandr Yurevich
postgraduate student of the automotive depart-
ment of the Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education "Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Annotation.

Coordinated management is one of the ways to improve the efficiency of main streets, using a coordinated management mode, it is possible to reduce the occurrence of major adverse situations on the managed section of the road network - long downtime, unintended delays, and even accidents. But in the conditions of modern cities, situations often arise when the intensity in the connecting sections is quite high and exceeds the intensity in the coordinated section, in this case, the effectiveness of management must be assessed. In this regard, the main goal of the study is to evaluate the efficiency of the coordinated section, taking into account the variation in intensity indicators, both in the main section (main street) and in connected sections.

Keywords: COORDINATED MANAGEMENT, MAIN STREET, CONNECTED AREAS, EFFICIENCY, TRAFFIC INTENSITY.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Организация дорожного движения, это один из основных видов мероприятий, способствующий минимизации негативного влияния транспорта, а также снижению дорожно-транспортных происшествий [1-4]. Одним из основных видов организации дорожного движения, является управление, которое в основном реализуется с использованием технических средств организации дорожного движения, как динамических – постоянно изменяющих свое значение, символ или сигнал, так и стационарных [5-8]. Для управления движением на магистральных улицах – в состав которых входит несколько перекрестков, связанных между собой единым или кратным циклом регулирования. Существует определенное количество исследований, посвященных вопросу эффективности работы координируемых участков [9-11], а также оценке основных характеристик транспортного потока [12].

Следует отметить, что сегодня в современных городах сложились довольно сложные условия для движения, которые связаны в первую очередь с увеличением количества транспортных средств, данное явление в совокупности с применением неэффективных методов управления оказывает негативное влияние как на экологические показатели, связанных с перегазованностью и повышенным расходом топлива [13-15], так и на экономические показатели, связанные с ущербом от возникновения ДТП [16,17]. В случае координированного управления, необходимо оценить эффективность его применения с учетом времени проезда, как на основном участке, так и на связанных участках. В связи с этим, в рамках статьи выполнен модельный эксперимент по оценке эффективности применения координированного управления на одной из магистральных улиц г. Воронеж – Ленинский проспект.

2 Материалы и методы

Наиболее нагруженным участком, управление на котором координированно, является Ленинский проспект (рис. 1).

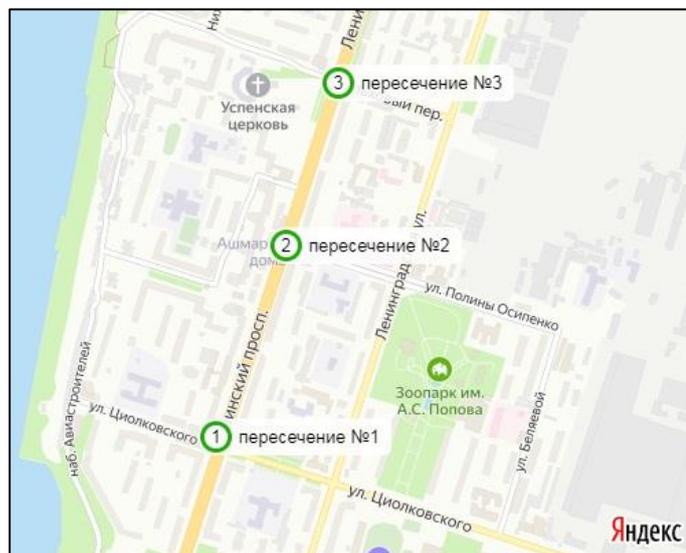


Рисунок 1 – Схематичное изображение исследуемого координируемого участка – Ленинский проспект

Протяженность координируемого участка 840 м, в координации находятся 3 перекрестка – Ленинский пр. – ул. Циолковского (перекресток № 1), Ленинский пр. – ул. Полины Осипенко (перекресток № 2), Ленинский пр. – Ольховый пер. (перекресток № 3). Протяженность между перекрестком № 1 и перекрестком № 2 составляет 460 м, между перекрестком № 2 и перекрестком № 3 – 380 м, рассмотрим более подробно каждый перекресток.

В результате выполненного натурного обследования перекрестка № 1, с применением метода краткосрочного анализа [18, 19], были определены значения интенсивностей по основным

въездным направлениям (рис. 2). Суммарное значение интенсивности на перекрестке № 1 составляет 13404 ед./ч, среднее значение по направлениям составляет около 838 ед./ч, по Ленинскому проспекту суммарное значение интенсивности – 10700 ед./ч, по ул. Циолковского – 2704 ед./ч. Следует отметить, что транспортный поток составляют легковые автомобили, которых в среднем около 80 %, но довольно часто в потоке встречаются грузовые автомобили и автобусы. Исследования перекрестка № 1 показали высокую транзитность Ленинского проспекта – 80 %.

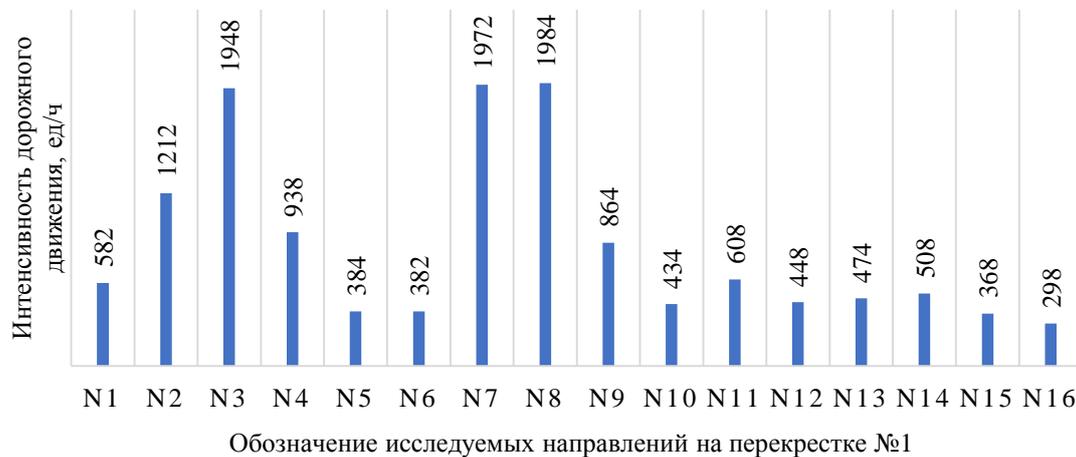


Рисунок 2 – Гистограмма интенсивности движения по исследованным направлениям движения на перекрестке № 1

Натурное исследование интенсивности дорожного движения на перекрестке № 2 показали, что суммарный транспортный поток составляет 11498 ед./ч, в среднем по каждому направлению движутся 958 ед./ч. Суммарная интенсивность движения по ул. Полины Осипенко составляет 608 ед./ч, по Ленинскому проспекту – 10890 ед./ч (рис. 3).

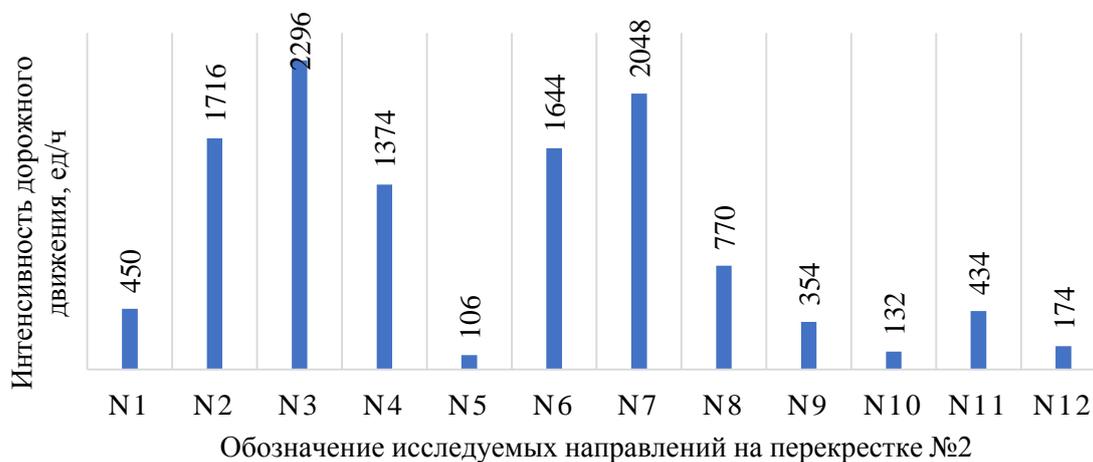


Рисунок 3 – Гистограмма интенсивности движения по исследованным направлениям движения на перекрестке № 2

В случае рассматриваемого перекрестка, установлено, что транзитность потока по Ленинскому проспекту составляет 95 %. Натурные обследования участка – перекрестка № 3, позволили установить значения интенсивности дорожного движения, по всем исследуемым направлениям движения (рис. 4). На перекрестке № 3 суммарная интенсивность движения составляет 14484 ед./ч, по Ленинскому проспекту данное значение составляет 12000 ед./ч, по пер. Ольховому – 2484 ед./ч, средняя загруженность полосы составляет 905 ед./ч. Транзитность Ленинского проспекта составляет 83 %.

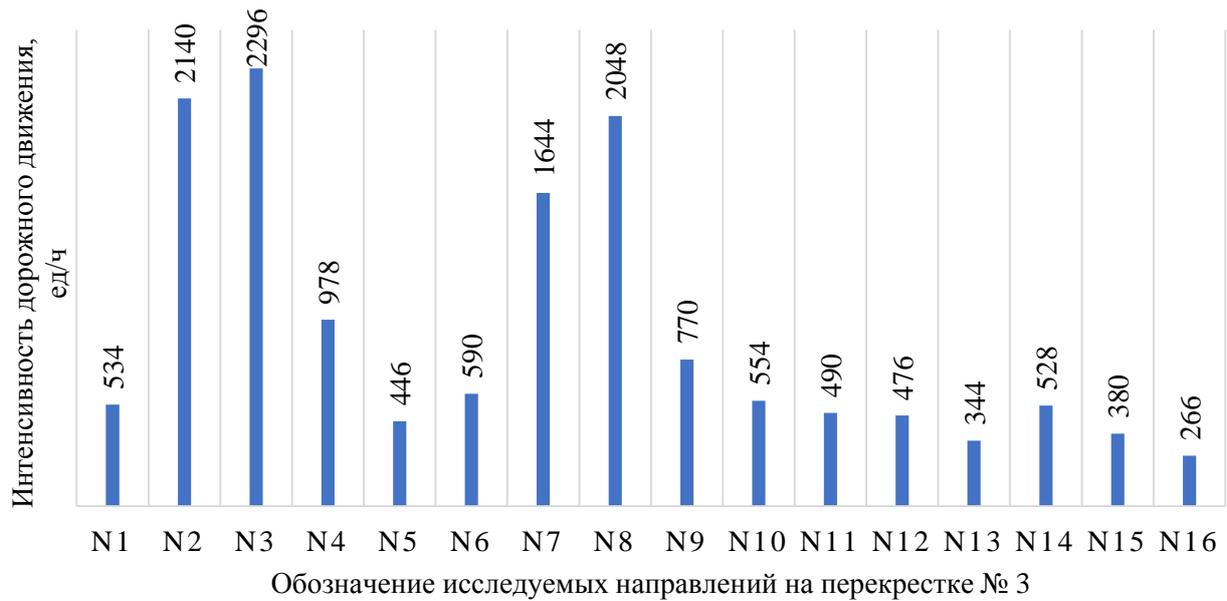


Рисунок 4 – Гистограмма интенсивности движения по исследованным направлениям движения на перекрестке № 3

В результате выполненных натурных исследований и анализа полученных результатов, подтверждена высокая транзитность рассматриваемой магистральной улицы – Ленинский проспект. Для оценки эффективности применяемого координированного управления рассматриваемого участка дорожной сети – Ленинского проспекта, а также связующих улиц, выполнено моделирование процесса движения в программной среде Any Logic [20-24].

3 Результаты исследований

Полученные результаты в ходе натурального обследования участка, в совокупности с моделированием, позволили с помощью определенных блоков получить полносвязную сеть Ленинского проспекта (рис. 5). В результате моделирования были определены значения времени проезда по каждому из направлений координированного участка, входящего с состав полносвязной нейросети.

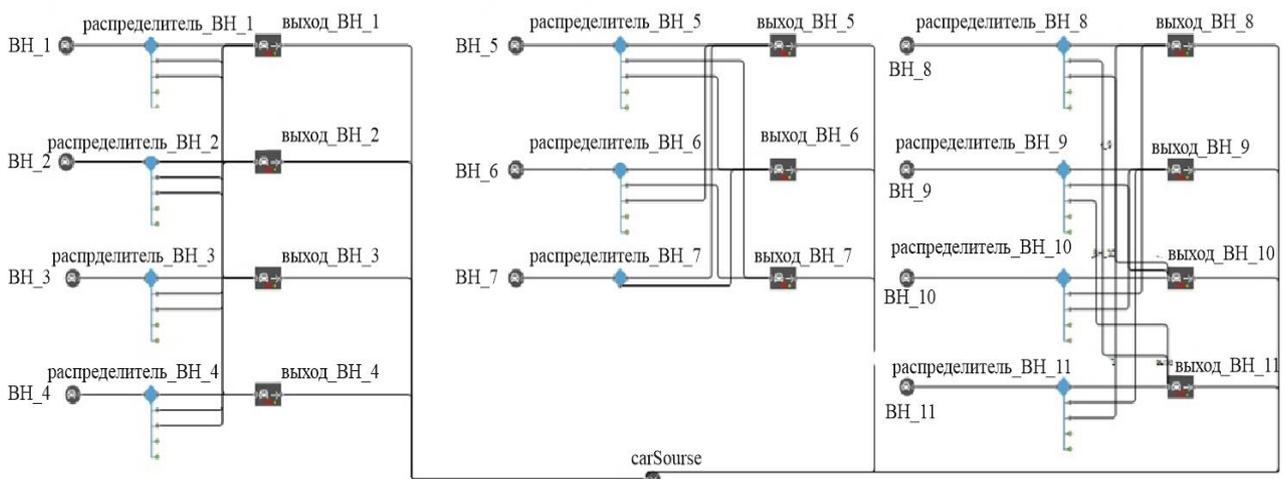


Рисунок 5 – Полносвязная нейросеть координируемого участка в программной среде Any Logic

В блоки нейросети были заданы полученные значения интенсивностей дорожного движения (рис. 2 – рис. 4) и длительности циклов и фаз регулирования, которые позволили выполнить модельный эксперимент по оценке времени проезда координированного участка. Полученные данные по результату выполненных измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты выполнения эксперимента по оценке времени проезда координированного участка по основным направлениям

№ п/п	Наименование направления	Количество измерений (n)	Среднее время проезда (\bar{t} , сек)	Минимальное время проезда (t_{min} , сек)	Максимальное время проезда (t_{max} , сек)	Среднеквадратическое отклонение (S)	Доверительный интервал для среднего
1	ВН_1	50	115,21	14,50	274,48	78,43	22,27
2	ВН_2	50	87,16	13,32	205,77	60,30	16,72
3	ВН_3	50	497,07	90,26	1023,43	291,78	81,71
4	ВН_4	50	587,07	90,59	1237,21	316,23	89,802
5	ВН_5	50	131,42	20,63	236,73	64,42	17,53
6	ВН_6	50	275,48	22,12	513,02	165,42	46,33
7	ВН_7	50	1180,19	121,77	2094,83	784,88	215,62
8	ВН_8	50	198,52	14,74	431,13	133,54	37,92
9	ВН_9	50	94,67	20,70	165,92	49,16	13,26
10	ВН_10	50	586,83	92,64	1156,77	343,58	96,22
11	ВН_11	50	575,94	90,56	1051,51	324,69	90,05

Установлено, что на связных направлениях, средние, минимальные и максимальные значения измеряемого параметра при существующем цикле управления являются значительно высокими в сравнении с аналогичными показателями по магистральной улице – Ленинский пр. (рис. 6). Так, средние значения по направлениям связующих участков варьируются в



Рисунок 6 – Графики распределения среднего, минимального и максимального времени проезда координированного участка дорожной сети по основным направлениям

пределе $\bar{t} \in [497,07; 1180,19]$, по направлениям магистральной улицы $\bar{t} \in [87,16; 275,48]$. Минимальные значения по направлениям связующих участков варьируются в пределах $t_{min} \in [90,26; 121,77]$, по направлениям магистральной улицы $t_{min} \in [13,32; 22,12]$. Максимальные значения по направлениям связующих участков варьируются в пределах $t_{max} \in [1023,43; 1237,21]$, по направлениям магистральной улицы $t_{max} \in [165,92; 2094,83]$.

В результате выполнения эксперимента определено что для связных участков, а именно направлений ВН_3, ВН_4, ВН_7, ВН_10, ВН_11 является неэффективным, т.к. время проезда значительно выше времени проезда по координированному участку. Несмотря на высокую транзитность Ленинского пр., полученные значения свидетельствуют о высокой величине задержки, сниженной скорости движения и образованию заторовых ситуаций на связных участках сети. Для повышения эффективности движения предлагается разработать подход для определения необходимого типа управления – координированного и жесткого, с оценкой изменения интенсивности движения и соответствующего времени проезда.

4 Обсуждение и заключение

В результате анализа технологического оборудования, которое сегодня наиболее распространено в городах, было определено, что на управляемых улицах для мониторинга состояния транспортного потока применяются различные виды детекторов транспорта, которые позволяют оценить среднюю скорость движения транспортного потока, длину очереди, а также среднюю величину задержки. Следует отметить, что параметр скорости и степень загрузки учитываются при определении уровня обслуживания пересечения, но в виду определенной специфичности управления координируемых участков, такой подход к оценке требует уточнения, на основании чего, предложено осуществить расчет с помощью определения коэффициента эффективности координируемого управления:

$$k_{эку} = \frac{t_{cp(сущ)}}{t_{cp(во)}}, \quad (1)$$

где $k_{эку}$ – коэффициент эффективности координированного управления; $t_{cp(сущ)}$ – величина средней существующей задержки, с; $t_{cp(во)}$ – величина средней задержки, соответствующей уровню обслуживания, с.

В дальнейшем, предполагается проведение эксперимента, в ходе которого осуществляется расчет оптимального значения средней величины задержки, соответствующей уровню обслуживания при координированном управлении, определение степени насыщения и установление допустимых значений коэффициента эффективности координируемого управления. При получении $k_{эку} > 1$, для определенного уровня обслуживания применение координации будет считаться не эффективной, т.к. существующая величина задержки при координированном управлении будет выше величины задержки, соответствующей уровню обслуживания транспортного потока, что требует изменения типа координации или применения иного типа управления – например – не координируемого.

Список литературы

- 1 Кравченко, П. А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах / П. А. Кравченко // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – № 1(64).
- 2 Капский, Д. В. Организация дорожного движения / Д. В. Капский // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2013. – № 1. – С. 436-440.
- 3 Кушнарёва, И. В. Организация дорожного движения в современном городе / И. В. Кушнарёва, С. А. Крюков // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2016. – Т. 4. – № 5-3(25-3). – С. 273-278.
- 4 Добромиров, В. Н. Организация безопасного дорожного движения на пешеходных

переходах / В. Н. Добромиров, С. С. Евтюков, Е. В. Голов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6(65). – С. 265-270. – DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.

5 Шевцова, А. Г. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении / А. Г. Шевцова, Л. Е. Кущенко, В. М. Захаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 6-1. – С. 39-44.

6 Шевцова, А. Г. Современный подход к управлению светофорным объектом / А. Г. Шевцова, И. А. Новиков, А. Е. Боровской // Информационные технологии и инновации на транспорте : материалы 2-ой Международной научно-практической конференции, Орел, 17-18 мая 2016 года / Под общей редакцией А. Н. Новикова. – Орел : Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, 2016. – С. 366-370.

7 Шевцова, А. Г. Обзор новых технических средств организации дорожного движения / А. Г. Шевцова, Ю. А. Мочалина // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе : проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2. – № 2(3). – С. 672-677. – DOI 10.12737/19521.

8 Решение задачи регулирования дорожного движения на основе автоматизированной системы управления / В. Е. Медведев, А. В. Соломатин, О. О. Варламов [и др.] // В мире научных открытий. – 2012. – № 2-6(26). – С. 124-129.

9 Кадасев, Д. А. Координированное светофорное управление автотранспортными потоками на магистрали Г. Липецка / Д. А. Кадасев, Д. В. Полоцкий // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе : проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3. – № 1(4). – С. 413-416. – DOI 10.12737/17821.

10 Кадасев, Д. А. Внедрение координированного управления транспортными потоками на ул. Свиридова Г. Липецка / Д. А. Кадасев, И. Ю. Немцева // Инженерия в строительстве и транспорте. Тенденции развития современной науки : Материалы I всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Липецк, 06-07 июня 2019 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2020. – С. 79-81.

11 Галюзин, А. И. Координированное управление городской транспортной магистрали / А. И. Галюзин, А. Г. Шевцова, А. Е. Боровской // Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее : Материалы III Международной молодежной конференции, Орёл, 30 апреля 2020 года. – Орёл : Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2021. – С. 5-9.

12 Пильгейкина, И. А. Влияние эффекта координации на задержку транспортных средств / И. А. Пильгейкина // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 1(68). – С. 59-64. – DOI 10.33979/2073-7432-2020-68-1-59-64.

13 Information technologies and management of transport systems development of the approach to assessing adaptation of the intersection transport model / A. Novikov, S. Glagolev, I. Novikov, A. Shevtsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICIAE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012052. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012052.

14 Корчагин, В. А. Анализ экологической безопасности при изменении режима управления на перекрестке / В. А. Корчагин, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Научные технологии и инновации: сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 06-07 октября 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2016. – С. 99-103.

15 Васильева, В. В. Экологический аспект использования интеллектуальных

транспортных систем / В. В. Васильева // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса : Материалы 3-ей Международной научно-практической конференции, Орел, 21-23 мая 2013 года / под общей редакцией А. Н. Новикова. – Орел : Госуниверситет-УНПК, 2013. – С. 272-273.

16 Глаголев, С. Н. Снижение экологической нагрузки городской территории за счет минимизации влияния грузового транспорта / С. Н. Глаголев, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3(70). – С. 97-106. – DOI 10.33979/2073-7432-2020-70-3-97-106.

17 Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И. А. Новиков, А. А. Кравченко, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3(66). – С. 58-64.

18 Шевцова, А. Г. Обзор существующих методов исследования интенсивности движения / А. Г. Шевцова, М. В. Медведева // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 160-летию со дня рождения В. Г. Шухова, Белгород, 01-20 мая 2013 года. – Белгород : Шухова, 2013. – С. 1307-1312.

19 Боровской, А. Е. Анализ моделей расчета интенсивности движения в зоне регулируемых перекрестков / А. Е. Боровской, М. И. Медведев, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – № 4(55). – С. 55-62.

20 Чувилов, Д. А. Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта / Д. А. Чувилов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2020. – 305 с. – ISBN 978-5-16-016711-4. – DOI 10.12737/1220729.

21 Шамлицкий, Я. И. Моделирование транспортных потоков в среде AnyLogic / Я. И. Шамлицкий, А. С. Охота, С. Н. Мироненко // Программные продукты и системы. – 2018. – № 3. – С. 632-635.

22 Фатхутдинов, А. Ф. Применение имитационного моделирования для оптимизации дорожного движения / А. Ф. Фатхутдинов // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12.15(27). – С. 265-271.

23 Galkin, A. Graph-structural Modeling in Traffic Flow Control Task / A. Galkin, E. Khabibullina // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020 : 2, Virtual, Lipetsk, 10-13 ноября 2020 года. – Virtual, Lipetsk, 2020. – P. 807-811. – DOI 10.1109/SUMMA50634.2020.9280825.

24 Ляпин, С. А. Применение информационных технологий для оценки влияния интенсивности движения транспортных средств на время проезда магистрали / С. А. Ляпин, Д. А. Кадасев, Н. В. Воронин // Информационные технологии в моделировании и управлении : подходы, методы, решения : IV Всероссийская научная конференция с международным участием : сборник материалов, Тольятти, 20-22 апреля 2021 года. – Тольятти : Тольяттинский государственный университет, 2021. – С. 271-277.

References

1 Kravchenko, P. A. Organization and safety of road traffic in large cities / P. A. Kravchenko // Science and technology in the road industry. – 2013. – №. 1 (64).

2 Kapsky, D. V. Organization of traffic / D. V. Kapsky // Far East: problems of development

of the architectural and construction complex. – 2013. – № 1. – P. 436-440.

3 Kushnareva, I. V. Organization of traffic in a modern city / I. V. Kushnareva, S. A. Kryukov // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2016. – V. 4. – № 5-3 (25-3). – S. 273-278.

4 Dobromirov, V. N. Organization of safe road traffic at pedestrian crossings / V. N. Dobromirov, S. S. Evtyukov, E. V. Golov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2017. – № 6(65). – S. 265-270. – DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.

5 Shevtsova, A. G. Review of various types of traffic organization at the intersection / A. G. Shevtsova, L. E. Kushchenko, V. M. Zakharov // Bulletin of the Tula State University. Technical science. – 2015. – № 6-1. – S. 39-44.

6 Shevtsova, A. G. Modern approach to managing a traffic light object / A. G. Shevtsova, I. A. Novikov, A. E. Borovskoy // Information technologies and innovations in transport : materials of the 2nd International scientific and practical conference, Orel, May 17-18, 2016 / Under the general editorship of A. N. Novikov. – Eagle : Oryol State University. I. S. Turgenev, 2016. – S. 366-370.

7 Shevtsova, A. G. Review of new technical means of traffic organization / A. G. Shevtsova, Yu. A. Mochalina // Alternative energy sources in the transport and technological complex : problems and prospects for rational use. – 2015. – Т. 2. – № 2 (3). – S. 672-677. – DOI 10.12737/19521.

8 Solution of the problem of traffic regulation based on an automated control system / V. E. Medvedev, A. V. Solomatin, O. O. Varlamov [et al.] // In the world of scientific discoveries. – 2012. – № 2-6 (26). – S. 124-129.

9 Kadasev, D. A. Coordinated traffic light control of traffic flows on the highway of G. Lipetsk / D. A. Kadasev, D. V. Polotsky // Alternative energy sources in the transport and technological complex : problems and prospects for rational use. – 2016. – Т. 3. – № 1(4). – S. 413-416. – DOI 10.12737/17821.

10 Kadasev, D. A. Introduction of coordinated management of traffic flows on the street. Sviridova G. Lipetsk / D. A. Kadasev, I. Yu. Nemtseva // Engineering in construction and transport. Trends in the development of modern science : Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Lipetsk, June 06-07, 2019. – Lipetsk : Lipetsk State Technical University, 2020. – P. 79-81.

11 Galyuzin, A. I., Shevtsova, A. G., and Borovskoy, A. E., Coordinated management of the urban transport highway, Molodezh i transport. Present and Future: Proceedings of the III International Youth Conference, Oryol, April 30, 2020. – Oryol : Oryol State University named after I. S. Turgenev, 2021. – S. 5-9.

12 Pilgeikina, I. A. Influence of the coordination effect on the delay of vehicles / I. A. Pilgeikina // World of Transport and Technological Machines. – 2020. – № 1 (68). – S. 59-64. – DOI 10.33979/2073-7432-2020-68-1-59-64.

13 Information technologies and management of transport systems development of the approach to assessing adaptation of the intersection transport model / A. Novikov, S. Glagolev, I. Novikov, A. Shevtsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. – Irkutsk : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012052. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012052.

14 Korchagin, V. A. Analysis of environmental safety when changing the control mode at the crossroads / V. A. Korchagin, I. A. Novikov, A. G. Shevtsova // Science-intensive technologies and innovations : collection of reports of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, October 06-07, 2016 / Belgorod State Technological University named

after V. G. Shukhov. – Belgorod : Belgorod State Technological University. V. G. Shukhova, 2016. – S. 99-103.

15 Vasilyeva, V. V. Ecological aspect of the use of intelligent transport systems / V. V. Vasilyeva // Actual issues of innovative development of the transport complex : Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference, Orel, May 21-23, 2013 / under the general edited by A. N. Novikov. – Eagle : State University-UNPK, 2013. – S. 272-273.

16 Glagolev, S. N., Shevtsova, A. G., Vasilyeva, V. V. Reducing the environmental load of the urban area by minimizing the impact of freight transport // World of Transport and Technological Machines. – 2020. – № 3 (70). – S. 97-106. – DOI 10.33979/2073-7432-2020-70-3-97-106.

17 Novikov I. A., Kravchenko A. A., Shevtsova A. G., Vasilyeva V. V. Scientific and methodological approach to reducing accidents on the roads of the Russian Federation // World of Transport and Technological Machines. – 2019. – № 3 (66). – S. 58-64.

18 Shevtsova, A. G. Review of existing methods for studying traffic intensity / A. G. Shevtsova, M. V. Medvedeva // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU. V. G. Shukhov, dedicated to the 160th anniversary of the birth of V. G. Shukhova, Belgorod, May 01-20, 2013. – Belgorod : Shukhova, 2013. – S. 1307-1312.

19 Borovskoy, A. E., Medvedev, M. I., Shevtsova, A. G. Analysis of models for calculating the intensity of traffic in the zone of controlled intersections. – 2016. – № 4 (55). – S. 55-62.

20 Chuvikov, D. A. Models and algorithms for reconstruction and examination of emergency events of road traffic accidents based on logical artificial intelligence / D. A. Chuvikov. – Moscow : Limited Liability Company "Scientific Publishing Center INFRA-M", 2020. – 305 p. – ISBN 978-5-16-016711-4. – DOI 10.12737/1220729.

21 Shamlitsky, Ya. I. Simulation of traffic flows in the AnyLogic environment / Ya. I. Shamlitsky, A. S. Okhota, S. N. Mironenko // Software products and systems. – 2018. – № 3. – P. 632-635.

22 Fatkhutdinov, A. F. Application of simulation modeling for traffic optimization / A. F. Fatkhutdinov // Bulletin of modern research. – 2018. – № 12.15(27). – S. 265-271.

23 Galkin, A. Graph-structural Modeling in Traffic Flow Control Task / A. Galkin, E. Khabibullina // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020 : 2, Virtual, Lipetsk, 10-13 ноября 2020 года. – Virtual, Lipetsk, 2020. – P. 807-811. – DOI 10.1109/SUMMA50634.2020.9280825.

24 Lyapin, S. A., Kadasev D. A., Voronin N. V. Application of information technologies to assess the impact of traffic intensity on the highway travel time // Information technologies in modeling and management: approaches , methods, solutions : IV Aal-Russian scientific conference with international participation: collection of materials, Tolyatti, April 20-22, 2021. – Togliatti : Togliatti State University, 2021. – P. 271-277.

© Дорохин С.В., Артемов А.Ю., 2022