

DOI: [10.34220/2311-8873-2023-107-116](https://doi.org/10.34220/2311-8873-2023-107-116)



УДК 656.052

UDC 656.052

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЕ В Г. ПАВЛОВСК

STUDY OF TRAFFIC FLOW MANAGEMENT ON THE MAIN STREET IN PAVLOVSK

Артемов Александр Юрьевич
аспирант автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова (РФ), e-mail: artenov_a_u@mail.ru¹

Artemov Alexander Yurievich
postgraduate student of the automotive department of the Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov (RF), e-mail: artenov_a_u@mail.ru

Аннотация.

Сегодня в масштабах малых и средних городов существуют определенные проблемы, связанные с внедрением интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Несмотря на наличие одинаковых транспортных проблем, которые характерны сегодня для всех без исключения городов Российской Федерации, в городах с невысокой численностью населения внедрение новых средств управления движением осуществляется не в полной мере, что связано в первую очередь с экономической составляющей проведения такого рода мероприятий. В таком случае необходимым мероприятием является разработка альтернативных методов и подходов, способствующих устранению имеющихся транспортных проблем. С целью рассмотрения транспортной ситуации на одном из проблематичных участков города с малой численностью населения, выполнено исследование магистральной улицы и предложены мероприятия по повышению эффективности управления с учетом экономической составляющей.

Annotation.

Today, on the scale of small and medium-sized cities, there are certain problems associated with the introduction of Intelligent Transport Systems (ITS). Despite the existence of the same transport problems that characterize all cities in the Russian Federation today without exception, in cities with a low population size the introduction of new traffic management tools is not fully implemented, which is primarily due to the economic component of this type of activity. In such a case, a necessary measure is to develop alternative methods and approaches to eliminate existing traffic problems. In order to consider the traffic situation in one of the problematic areas of the city with a low population size, a study of the main street was carried out and measures to improve the management efficiency were proposed, taking into account the economic component.

Ключевые слова: ИССЛЕДОВАНИЕ, МАГИСТРАЛЬНАЯ УЛИЦА, КООРДИНИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Keywords: STUDY, MAIN STREET, CO-ORDINATED MANAGEMENT, TRANSPORT STREAMS, EFFICIENCY, ECONOMIC EVALUATION

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

На протяжении многих лет координированное управление представляет собой один из эффективных способов управления движением на магистральных улицах. Под таким типом управления понимают определенную связь между последующими и предыдущими перекрестками, входящими в координацию, в результате которой автомобили получают возможность передвигаться от перекрестка к перекрестку на разрешающий сигнал. Вопросу такого типа управления посвящено много научных трудов [1-5], которые рассматривают различные составляющие для оценки координированного управления, связанных как с задержками транспортных средств, расстоянием между перекрестками и скоростью движения. Рассматривая методы расчета программ координации в зарубежной практике [6], можно отметить, что для их применения необходим постоянный мониторинг транспортной сети, который подразумевает использованием различного исполнительного оборудования, входящего в состав ИТС. В отечественной практике, применение ИТС активно развивается [7], но основными объектами внедрения становятся федеральные участки трасс [8], а также территории крупных и крупнейших городов [9], что объясняется в первую очередь необходимостью обеспечению безостановочного процесса перемещения в пределах таких участков. Несмотря на отсутствие определенных ресурсов для обеспечения постоянного мониторинга транспортной ситуации на магистральных улицах в масштабах малых и средних городов, сегодня разработаны определённые методы [10, 11] способствующие оценки эффективности такого типа управления.

С целью оценки экономической составляющей при организации координированного управления на магистральных улицах при реализации постоянного мониторинга и использовании существующих методов оценки, выполнено исследование магистральной улицы г. Павловск. Основные задачи исследования заключаются в анализе транспортной ситуации на объекте исследования; применение разработанного алгоритма оценки эффективности координированного типа управления [10, 11]; оценка экономической составляющей в результате применения разработанных методов и применения постоянного мониторинга в результате внедрении ИТС; сравнение и оценка полученных результатов.

2 Материалы и методы

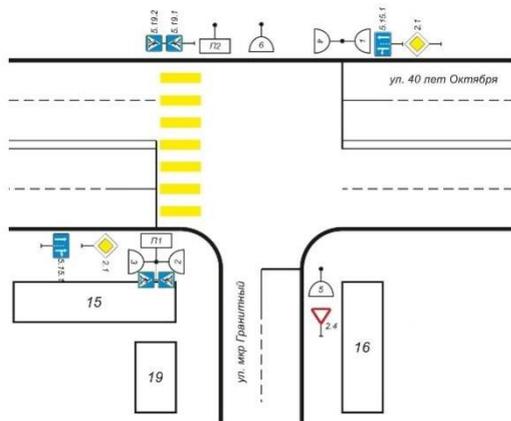
По состоянию на 2022 год численность г. Павловск составляет около 25 тыс. человек, площадь г. Павловск составляет около 8,8 км², основной магистральной улицей является ул. 40 лет Октября, протяженность которой составляет около 2 км. На протяжении данного участка имеются регулируемые участки – пересечение с Микрорайоном гранитный, пересечение с ул. Гоголя и пересечение с ул. Лесной, что наглядно отражено на рис. 1.



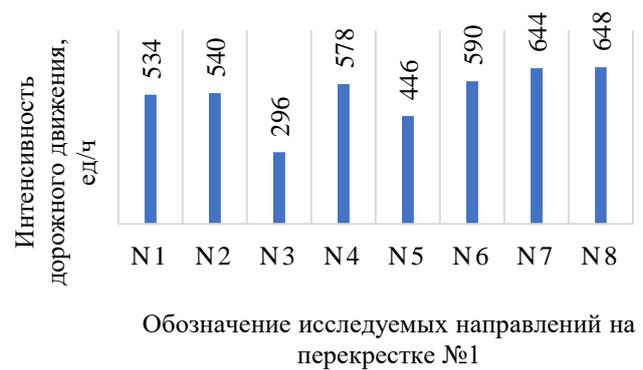
Рисунок 1 – Вид ул. 40 лет Октября в г. Павловск, где 1 – пересечение с ул. Микрорайоном гранитный; 2 – пересечение с ул. Гоголя; 3 – пересечение с ул. Лесной

Протяженность координируемого участка 844 м, как уже было сказано ранее в координации находятся 3 перекрестка – ул. 40 лет Октября – ул. Микрорайон гранитный (рис. 1 обозначение 1), ул. 40 лет Октября – ул. Гоголя (рис. 1 обозначение 2), ул. 40 лет Октября – ул. Лесная (рис. 1 обозначение 2).

Протяженность между перекрестком №1 и перекрестком №2 составляет 470 м, между перекрестком №2 и перекрестком №3 – 374 м, далее выполнен подробный анализ каждого участка. Натурные исследования магистральной улицы 40 лет Октября с использованием метода краткосрочного анализа интенсивности [12], позволили определить геометрические и транспортные характеристики каждого перекрестка. Первый перекресток – ул. 40 лет Октября – ул. Микрорайон гранитный, является Т-образным перекрестком (рис. 2 а),



а) геометрические характеристики

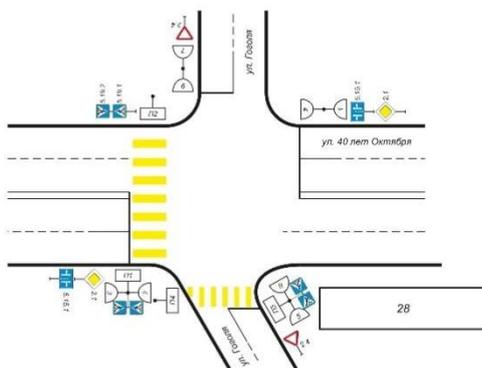


б) транспортные характеристики

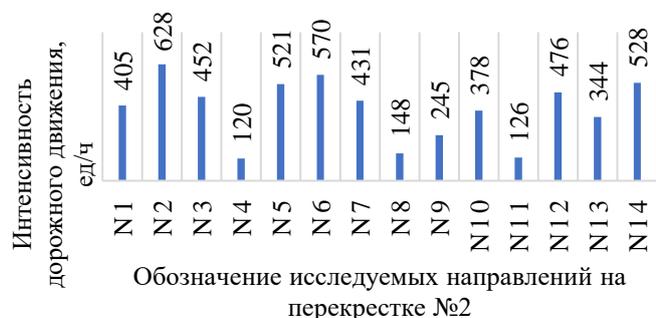
Рисунок 2 – Результаты исследования перекрестка ул. 40 лет Октября – ул. Микрорайон гранитный

В результате исследований установлено, что значения интенсивности на связной улице – ул. Микрорайон гранитный превышает значение интенсивности на ул. 40 лет Октября (рис. 2 б), учетом разрешенного движения в направлении второстепенной улице по одной полосе, на данном направлении наблюдаются заторы. Среднее значение интенсивности на данном участке составляет 535 ед/ч, с

Исследование второго перекрестка – ул. 40 лет Октября- ул. Гоголя (рис. 3), аналогичным образом позволили определить геометрические (рис. 3 а) и транспортные характеристики (рис. 3 б). В случае данного перекрестка средняя интенсивность составляет 383 ед/ч.



а) геометрические характеристики

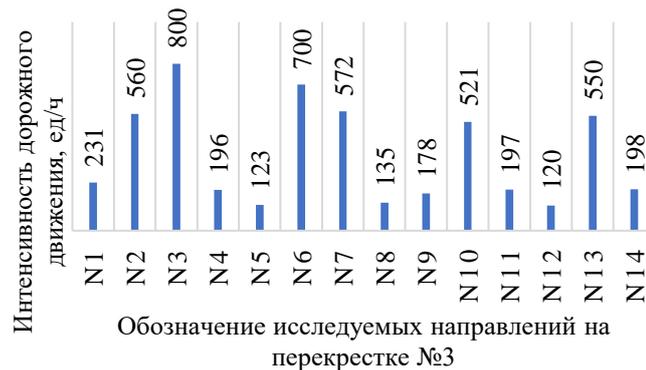
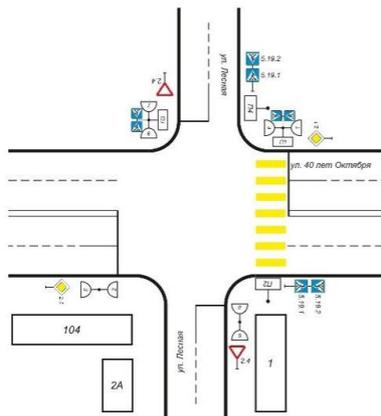


б) транспортные характеристики

Рисунок 3 – Результаты исследования перекрестка ул. 40 лет Октября – ул. Гоголя

Средняя загрузка второстепенной улицы составила 350 ед/ч, магистральной – 338 ед/ч, также следует отметить, что в направлении магистральной улицы автомобили способны маневрировать, в связи с тем, что движение осуществляется по двум полосам, в направлении второстепенной улицы – ул. Гоголя такая способность отсутствует, в связи с тем, что движение осуществляется по одной полосе.

Заключительным перекрестком, входящим в состав координированного участка, является классическое пересечение ул. 40 лет Октября – ул. Лесная (рис. 4). Аналогичным образом в результате натурных исследований установлены геометрические (рис. 4 а) и транспортные характеристики (рис. 4 б).



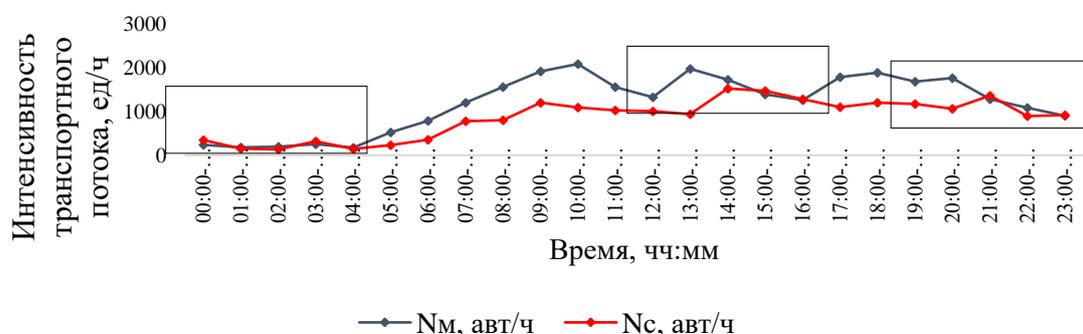
а) геометрические характеристики

б) транспортные характеристики

Рисунок 4 – Результаты исследования перекрестка ул. 40 лет Октября – ул. Лесная

Среднее значение интенсивности по всем направлениям рассматриваемого участка составило 363 ед/ч, по магистральной улице данное значение составило 415 ед/ч по второстепенной – 294 ед/ч.

Суточный мониторинг позволили получить значение средней интенсивности по магистральной и второстепенным улицам, что наглядно отражено на рис. 5. Данный мониторинг позволил определить области, в которых значение интенсивности второстепенной улицы превышало значение интенсивности магистральной. С учетом ранее разработанного алгоритма оценки эффективности координированного управления [10,11] было установлено, что в данном случае применение координации не является целесообразным.



где N_m – средняя интенсивность движения по магистральной улице, ед/ч; N_c – средняя интенсивность движения на второстепенных участках, ед/ч.

Рисунок 5 – Обобщенные результаты исследования интенсивности движения на магистральной улице в г. Павловск

В связи с отсутствием построенной архитектуры ИТС и ее работой, в рамках данного исследования выполнено экономическое обоснование использованием постоянного мониторинга и разработанного алгоритма для оценки эффективности координированного типа управления.

3 Результаты исследований

Для реализации интеллектуального типа управления с возможностью осуществления постоянного мониторинга потребуется закупка нового оборудования, позволяющего осуществлять видео-фиксацию транспортной ситуации в режиме on-line, помимо этого обязательным условием интеллектуализации магистральной улицы будет являться монтаж оборудования и его ежегодное обслуживание, а также закупка специализированной лицензии на приобретаемое программное обеспечение (ПО). Таким образом, для реализации интеллектуального типа управления не потребуются вложения в научно-исследовательские работы, но потребуются затраты на иные типы работ, связанных как с одновременными затратами, так и с ежегодным обслуживанием (табл. 1).

Таблица 1 – Ориентировочная оценка стоимости интеллектуализации рассматриваемой магистральной улицы в г. Павловск компанией ООО «А+С Транспорт»

Наименование управления магистральной улицей	Стоимость научно-исследовательских работ, руб.	Закупка и монтаж оборудования, руб.	Приобретение лицензии для работы оборудования, руб.	Всего, руб.
Координированный	120 000	Не требуются затраты на данный вид работ	Не требуются затраты на данный вид работ	120 000
Интеллектуальный	не требуются затраты на данный вид работ	13 500 000	1 500 000	15 000 000

В результате выполненного расчета, было определено что для интеллектуализации магистральной улицы, потребуется закупка нового оборудования, позволяющего осуществить постоянный мониторинг, и тем самым установит целесообразность применения рассматриваемого типа управления, в среднем, затраты составят 15 млн. руб. Выполним оценку изменения величины задержки и осуществим расчет срока окупаемости при использовании интеллектуального способа управления и существующего с учетом использования разработанного алгоритма [10, 11].

Согласно нормативному источнику [13] при введении координированного регулирования на улице или участке автомобильной дороги определяют затраты времени транспортных средств на перегонах (T_n) и перекрестках (T_p):

$$T = T_n + T_p \quad (1)$$

где T – общая продолжительность задержки, с; T_n – длительность задержки на перегонах, с; T_p – длительность задержки на перекрестках, с.

Первая часть формулы определяется в соответствии с задержками транспортных средств при использовании светофорного регулирования на изолированном участке, а вторая как раз и позволяет оценить задержку в направлении координации. В этом случае средняя

задержка транспортных средств на перекрестке в рассматриваемом направлении (в секундах на 1 автомобиль) после введения координации может быть определена по формуле:

$$T_{\Pi} = \left[\frac{\pi}{2} \cos \left(2\pi \cdot \frac{t_{сдв}}{T_{\Pi}} \right) + \frac{1 - \lambda}{2} \right] \cdot T_{\Pi} \quad (2)$$

где $t_{сдв}$ – сдвиг фаз регулирования на данном перегоне, с; T_{Π} – длительность цикла регулирования, с; λ – отношение длительности зелёной фазы по основному направлению к длительности цикла регулирования.

Определив значение задержки возможно осуществить расчет суммарных задержек за год (в авт.-часах) на отдельном перекрестке в направлении координации определяется с использованием формулы:

$$T_c = \frac{365 \cdot N_{гл} \cdot t_o}{3600 \cdot k_H} \quad (3)$$

где T_c – продолжительность суммарных задержек, авт.-час.; $N_{гл}$ – интенсивность движения в направлении координации, авт/ч; t_o – продолжительность задержки в координированном направлении, с; k_H – коэффициент насыщения транспортного потока.

Активное развитие технических средств организации дорожного движения [14], а также применение продуктов имитационного моделирования [15-17] позволяют в автоматизированном режиме осуществить расчет длительности задержки. В результате моделирования объекта исследования в программной среде AnyLogic и применения ранее разработанного алгоритма оценки эффективности были определены периоды времени, при которых применение координированного управления является неэффективным, а также определена продолжительность задержки при использовании рассматриваемого типа управления и без его применения (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты моделирования процесса движения на ул. 40 лет Октября и оценка продолжительности величины задержки

Время, чч:мм	N_M , ед/ч	N_c , ед/ч	t_m , с	t_c , с	Эффективно применение КУ, да/нет
00:00-01:00	241	352	51	76	нет
01:00-02:00	179	152	32	46	нет
02:00-03:00	198	134	28	25	нет
03:00-04:00	256	321	19	10	нет
04:00-05:00	176	143	39	98	нет
05:00-06:00	523	231	17	56	да
06:00-07:00	786	356	22	11	да
07:00-08:00	1206	784	58	61	да
08:00-09:00	1564	802	57	89	да
09:00-10:00	1921	1203	85	92	да
10:00-11:00	2094	1100	71	86	да
11:00-12:00	1562	1031	102	96	да
12:00-13:00	1328	1008	128	67	да
13:00-14:00	1984	945	135	89	да
14:00-15:00	1732	1532	121	78	да

окончание табл. 2

продолжение табл. 2

Время, чч:мм	N _м , ед/ч	N _с , ед/ч	t _м , с	t _с , с	Эффективно применение КУ, да/нет
15:00-16:00	1398	1478	118	82	нет
16:00-17:00	1265	1287	102	79	нет
17:00-18:00	1789	1105	110	81	да
18:00-19:00	1892	1209	121	89	да
19:00-20:00	1689	1178	92	72	да
20:00-21:00	1767	1065	69	58	да
21:00-22:00	1289	1367	87	96	нет
22:00-23:00	1089	897	82	101	нет
23:00-00:00	903	921	71	92	нет

С учетом полученных данных был выполнен расчет стоимости потерянного времени, с использованием формулы:

$$C_c = T_c \cdot S_{a-ч} \quad (4)$$

где T_с – продолжительность суммарных задержек, авт.-час.; S_{а-ч} – стоимость одного автомобиле часа, принята 440 руб.

В результате расчета с использованием формул (2), (3) и (4) было определено что в результате внедрения как алгоритма оценки эффективности применения координированного типа управления, так и интеллектуального способа управления происходит снижение величины задержки (табл. 2), так в течении года суммарная величина задержки на основном направлении при постоянной координации составит – 58 238 авт.-час, с учетом применения алгоритма или интеллектуализации – 43 966 авт.-час., среднее значение по второстепенным участкам составит 34 847 авт.-час. с применением алгоритма или интеллектуализации – 23 674 авт.-час. (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты расчета годовых показателей задержки с учетом изменения способа управления

Наименование участка	T _с , авт.-час. в год (до внедрения)	T _с , авт.-час. в год (после внедрения)
Магистральная улица	58 238	43 966
Связные участки	34 847	23 674

Таким образом, годовой эффект снижения задержек составит 25 444 авт.-час., с использованием формулы (3) при учете стоимости одного автомобиле-часа, составит 11 195 360 руб.

Полученные значения позволяют оценить срок окупаемости при применении алгоритма оценки эффективности и интеллектуализации, в первом случае срок окупаемости будет 0,01 года, во втором случае 1,4 года.

4 Обсуждение и заключение

Выполненные исследования позволили оценить эффективность координированного типа управления с экономической точки зрения и применения различного оборудования, входящего в состав интеллектуальных транспортных систем. Безусловно, постоянный мониторинг транспортной ситуации позволяет осуществить оперативное принятие решений и оценить его эффективность, но в городах с малой численностью населения, применение

интеллектуальных средств управления является очень затратным мероприятием, который с экономической точки зрения не обоснован. С целью оценки экономического эффекта применения новых методов управления и интеллектуальных средств, выполнено исследование магистральной улицы в г. Павловск, в результате которого были определены периоды времени при которых нецелесообразно использовать координированное управление. Имитационное моделирование позволило оценить величину задержки на объекте исследования в различные периоды времени и оценить экономический эффект за счет снижения величины задержки, определено, что изменение способа управления, которое возможно как при интеллектуализации процесса управления, так и в результате применения алгоритма оценки эффективности координации возможно снизить величину задержки в среднем на 20 % с учетом интенсивности и времени внедрения. Расчет экономических показателей позволил рассчитать затраты, связанные с интеллектуализацией и определить срок окупаемости при внедрении за счет повышения транспортных характеристик, установлено, что применение альтернативных способов позволит обеспечить срок окупаемости в 0,01 года при полной интеллектуализации – 1,4 года с учетом одинакового эффекта, полученного на основании оценки показателей задержек транспортных средств.

Список литературы

- 1 B. Asadi and A. Vahidi. Predictive Cruise Control: Utilizing Upcoming Traffic Signal Information for Improving Fuel Economy and Reducing Trip Time. *IEEE Transactions on Control Systems*, 19(3):707–714, 2011.
- 2 Naumova, N. A. Modelling of optimal scheme of traffic flows distribution in urban transportation networks : / N. A. Naumova, O. N. Safonova. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 144 p.
- 3 Иваненко М.А. Координированное управление движением транспортных потоков как метод повышения пропускной способности городской дорожной сети крупных городов / Иваненко М.А. // Вестник транспорта. 2011. № 10. С. 31-32.
- 4 Петров Е.А., Рябоконт Ю.А. Технология координированного управления транспортными потоками высокой интенсивности / Петров Е.А., Рябоконт Ю.А. // В сборнике: Прогрессивные технологии в транспортных системах. Сборник докладов шестой российской научно-технической конференции. Рассоха В.И. (ответственный редактор), Архирейский А.А. (ответственный секретарь). 2003. С. 163-165.
- 5 Пильгейкина, И. А. Влияние эффекта координации на задержку транспортных средств / И. А. Пильгейкина // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 1 (68). С. 59-64.
- 6 Highway Capacity Manual: A Guide to Multimodal Mobility Analysis. 6th ed. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2016
- 7 Жанказиев, С. В. Интеллектуальные транспортные системы : Учебное пособие / С. В. Жанказиев. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 120 с.
- 8 Shevtsova, A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor / A. Shevtsova, A. Novikov // . – 2021. – Vol. 19, No. 1. – P. 30-36. – DOI 10.5937/jaes0-26642.
- 9 Зырянов, В. В. Управление дорожным движением и перевозки : монография / В. В. Зырянов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Ростовский гос. строительный ун-т". – Ростов-на-Дону : Ростовский гос. строительный ун-т, 2012. – 148 p.
- 10 Дорохин, С. В. Оценка эффективности работы координируемого участка / С. В. Дорохин, А. Ю. Артемов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 2, № 2(40). – С. 64-73. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-64-73.

11 Артемов, А. Ю. Разработка алгоритма оценки эффективности координированного управления / А. Ю. Артемов, С. В. Дорохин // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 4-2(79). – С. 88-94. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-88-94.

12 Организация дорожного движения: справочное пособие / к.т.н. А.Л. Рыбин, к.т.н. И.Ф. Живописцев, к.т.н. А.А. Шевяков, к.э.н. В.А. Аксенов. Под общ. ред. д.э.н., проф. С.В. Федотова. – М.: ФГУП «РОСДОРНИИ», 2010. – 416 с.

13 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.

14 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.

15 Моделирование процесса движения на магистральной улице Г. Воронеж в программной среде Any Logic / С. В. Дорохин, Д. В. Лихачев, А. Ю. Артемов, А. В. Марусин // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 4, № 4(42). – С. 73-84. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-73-84.

16 Артемов, А. Ю. Моделирование транспортных потоков: аналитический обзор / А. Ю. Артемов, С. В. Дорохин // Технология транспортных процессов - настоящее и будущее : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 15 марта 2021 года / Отв. редактор В.А. Зеликов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 20-26. – DOI 10.34220/ТРТПФ2021_20-26.

17 Sergey Dorokhin, Alexander Artemov, Dmitry Likhachev, Alexey Novikov, Evgeniy Starkov, "Traffic simulation: an analytical review", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol.918, pp.012058, 2020.

References

1 B. Asadi and A. Vahidi. Predictive Cruise Control: Utilizing Upcoming Traffic Signal Information for Improving Fuel Economy and Reducing Trip Time. IEEE Transactions on Control Systems, 19(3):707–714, 2011.

2 Naumova, N. A. Modeling of optimal scheme of traffic flows distribution in urban transportation networks : / N. A. Naumova, O. N. Safonova. - Krasnodar: Kuban State Technological University, 2020. - 144 p.

3 Ivanenko M.A. Coordinated management of traffic flows as a method of increasing the capacity of the urban road network of large cities / Ivanenko M.A. // Bulletin of transport. 2011. No. 10. S. 31-32.

4 Petrov E.A., Ryabokon Yu.A. Technology of coordinated management of traffic flows of high intensity / Petrov E.A., Ryabokon Yu.A. // In the collection: Progressive technologies in transport systems. Collection of reports of the sixth Russian scientific and technical conference. Rassokha V.I. (responsible editor), Arkhireisky A.A. (responsible executive secretary). 2003, pp. 163-165.

5 Pilgeikina I.A. Influence of the effect of coordination on the delay of vehicles / I.A. Pilgeikina // World of Transport and Technological Machines. 2020. No. 1 (68). pp. 59-64.

6 Highway Capacity Manual: A Guide to Multimodal Mobility Analysis. 6th ed. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2016

7 Zhankaziev, S. V. Intelligent transport systems: Textbook / S. V. Zhankaziev. - Moscow: Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), 2016. - 120 p.

8 Shevtsova, A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor / A. Shevtsova, A. Novikov // . - 2021. - Vol. 19, no. 1. - P. 30-36. – DOI 10.5937/jaes0-26642.

9 Zyryanov, V. V. Road traffic management and transportation: monograph / V. V. Zyryanov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State. budgetary educational institution of higher education. prof. education "Rostov state. building un-t". - Rostov-on-Don: Rostov state. building university, 2012. - 148 p.

10 Dorokhin, S.V., Artemov A.Yu. Evaluation of the efficiency of the coordinated site operation // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2022. - V. 2, No. 2 (40). - S. 64-73. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-64-73.

11 Artemov, A. Yu. Development of an algorithm for assessing the effectiveness of coordinated control / A. Yu. Artemov, S. V. Dorokhin // World of Transport and Technological Machines. - 2022. - No. 4-2 (79). – S. 88-94. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-88-94.

12 Organization of traffic: a reference guide / Ph.D. A.L. Rybin, Ph.D. I.F. Painters, Ph.D. A.A. Shevyakov, Ph.D. V.A. Aksenov. Under total ed. Doctor of Economics, prof. S.V. Fedotov. - M.: FSUE "ROSDORNII", 2010. - 416 p.

13 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.

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

15 Dorokhin SV, Likhachev DV, Artemov A.Yu., Marusin AV Modeling of the traffic process on the main street of Voronezh in the Any Logic software environment // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2022. - V. 4, No. 4 (42). - S. 73-84. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-73-84.

16 Artemov, A. Yu. Modeling of traffic flows: an analytical review / A. Yu. Artemov, S. V. Dorokhin // Technology of transport processes - the present and the future: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, March 15, 2021 / Rep. editor V.A. Zelikov. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after V.I. G.F. Morozova, 2021. - S. 20-26. – DOI 10.34220/TPTPF2021_20-26.

17 Sergey Dorokhin, Alexander Artemov, Dmitry Likhachev, Alexey Novikov, Evgeniy Starkov, "Traffic simulation: an analytical review", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol.918, pp.012058, 2020.

©Артемов А. Ю. 2023