

DOI: 10.34220/2311-8873-2024-103-110



УДК 656.09

UDC 656.09

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF APPLICATION OF OPTIMAL TECHNOLOGY OF ROAD TRAFFIC ORGANIZATION AT INTERSECTIONS

Комаров Юрий Яковлевич,
к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные перевозки», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград.

Komarov Yury Yakovlevich,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Automobile transportation, Volgograd state technical university, Volgograd.

✉¹ **Ганзин Сергей Валерьевич**,
к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные перевозки», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград,
e-mail: ganzin_fat@mail.ru

✉¹ **Ganzin Sergey Valerievich**,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Automobile transportation, Volgograd state technical university, Volgograd,
e-mail: ganzin_fat@mail.ru

Сильченков Дмитрий Дмитриевич,
ст. преподаватель кафедры «Автомобильные перевозки», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград.

Silchenkov Dmitry Dmitrievich,
senior lecturer of the department of Automobile transportation, Volgograd state technical university, Volgograd.

Зеликова Наталья Владимировна,
аспирант автомобильного факультета, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Zelikova Natalya Vladimirovna,
postgraduate student of the faculty of automotive, Voronezh state forestry engineering university named after G.F. Morozov, Voronezh.

Аннотация. Вопрос о применении оптимальной технологии организации дорожного движения на улично-дорожной сети в настоящий момент решен не полностью. В статье описывается разработка номограммы обоснования планировочного решения перекрестка на основе микромоделирования дорожного движения в программном комплексе Aimsun, и анализируются полученные результаты.

Annotation. The question of application of optimal technology of traffic organization on the street-road network at the present moment is not completely solved. The article describes the development of nomogram for justification of intersection planning solution on the basis of traffic micro-modeling in the Aimsun software package, and analyzes the obtained result.

Ключевые слова: АВТОМОБИЛЬ, ДОРОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, AIMSUN.

Keywords: AUTOMOBILE, TRAFFIC, ORGANIZATION, EFFICIENCY, EFFICIENCYUN, AIMSUN.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

При сохраняющихся высоких темпах автомобилизации в Российской Федерации транспортная инфраструктура городов развивается менее интенсивно, что приводит к росту транспортных заторов, к потерям времени в дорожном движении, эмоционально-психологическому напряжению водителей и пассажиров, находящихся в транспортном заторе, что зачастую побуждает их к нарушениям правил дорожного движения, влечет за собой рост аварийности. За последние несколько десятилетий были приняты к реализации следующие нормативно-правовые акты: программы повышения безопасности дорожного движения в 2006-2012 гг. [1] и 2013-2020 гг. [2], Стратегия безопасности дорожного движения [3], Указ Президента РФ № 204 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [4], направленный на достижение целевого показателя – 4 погибших на 100000 жителей к 2024 г., со стремлением к нулевому уровню смертности к 2030 г. Для достижения данного показателя предлагаются следующие пути: развитие и повышение качества улично-дорожной сети, внедрение новых стандартов обустройства автомобильных дорог, снижение и устранение мест концентраций дорожно-транспортных происшествий, внедрение новых технологий организации дорожного движения, в том числе с применением автоматизированных систем управления дорожным движением, интеллектуальных транспортных систем, усиление ответственности граждан за нарушение правил дорожного движения и др..

Реализация приведенных выше путей в полном объеме невозможна без квалифицированных специалистов и методической литературы по безопасности и организации дорожного движения.

В теории и практике безопасности и организации дорожного движения при обосновании выбора технологии организации дорожного движения на улично-дорожной сети применяют критерии:

- безопасности, основанные на оценке аварийности;
- организации дорожного движения, связанные с эффективностью, то есть с задержками в дорожном движении [5].

В частности, для обеспечения эффективности дорожного движения и удобства при выборе планировки пересечения автомобильных дорог и организации движения на перекрестке используются номограммы [6, 7, 8 и др.].

К недостаткам разработанных ранее номограмм можно отнести то, что в них не учитываются современные технологии организации дорожного движения, не предусмотрена возможность учета доли поворотных потоков, не в полном объеме показаны критерии выбора.

Таким образом, целью нашего исследования стало получение номограммы для обоснования планировки пересечения автомобильных дорог и организации движения на перекрестке по минимуму транспортных задержек с учетом применяемых современных технологий организации дорожного движения. Для достижения поставленной цели необходимо создать модели основных технологий организации дорожного движения и провести моделирование на них с варьированием значений интенсивностей движения по направлениям.

2 Материалы и методы

Данная работа является продолжением исследований, проводившихся на кафедре «Автомобильный транспорт» Волгоградского государственного технического университета [9, 10, 11].

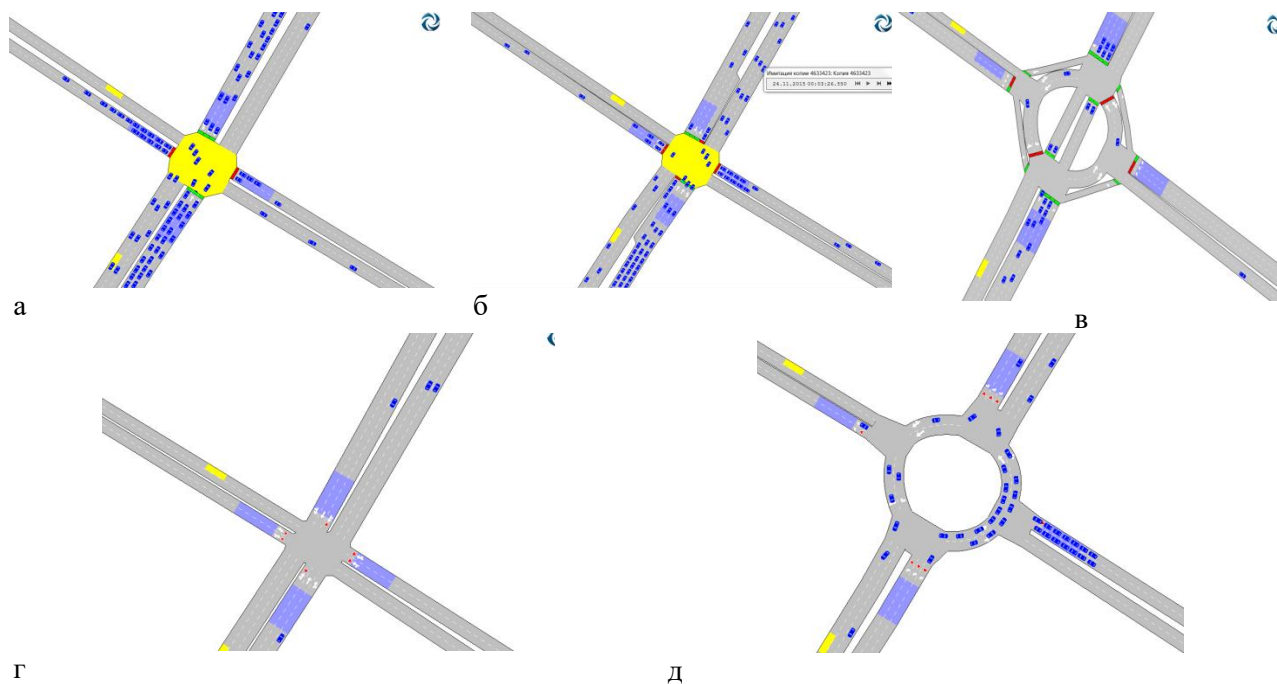
Основным инструментарием проведенного исследования послужил программный комплекс по моделированию дорожного движения «Aimsun», неоднократно апробированный в данной области знаний и рекомендованный к применению методическими документами по организации дорожного движения.

Для исследования были выбраны следующие виды технологий организации дорожного движения:

- нерегулируемое пересечение;
- регулируемое пересечение;

- регулируемое пересечение с выделенными полосами для транспортных средств, ожидающих поворот налево;
- кольцевое пересечение с диаметром островка 40 м;
- кольцевое пересечение со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком диаметром 40 м (КПСРПЦО).

Модели дорожного движения показаны на рис. 1.



- а) регулируемый перекресток; б) регулируемое пересечение с выделенными полосами для транспортных средств, ожидающих поворот налево; в) кольцевое пересечение со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком диаметром 40 м;
г) нерегулируемое пересечение; д) кольцевое пересечение с диаметром островка 40 м

Рисунок 1 – Технологии организации дорожного движения

В соответствии со ст. 3 ФЗ №443 «Об организации дорожного движения» [5] критерием эффективности организации дорожного движения является транспортная задержка. Наиболее распространена для оценки эффективности транспортного узла – средняя задержка на пересечении, рассчитываемая по формуле:

$$t_{\Delta H} = \frac{\sum_i^n (T_{\Delta H_i} N_i)}{\sum_i^n N_i}, \quad (1)$$

где $T_{\Delta H_i}$ – задержка на i -ом подходе к переходу, с; N_i – интенсивность транспортного потока на i -ом подходе, авт./ч.

В программном комплексе «Aimsun» [12] применяется следующая формула для расчета транспортной задержки:

$$DT_i = TT_i - \left(\frac{L_s}{\min(SMax_i, S_s * \theta_i)} + \frac{L_t}{\min(SMax_i, S_t * \theta_i)} \right), \quad (2)$$

где DT_i – задержка i -го транспортного средства (ТС) на участке дорожной сети (УДС), с; TT_i – время в пути i -го ТС на участке УДС, с; L_s – длина прямого участка, м; L_k – длина криволинейного участка, м; $SMax_i$ – желаемая максимальная скорость i -го ТС, м/с; S_s – разрешенная скорость прямого участка, м/с; S_k – разрешенная скорость криволинейного участка, м/с; θ_i – коэффициент выполнения требования разрешенной скорости движения.

В отличие от рекомендованной в отечественной методической литературе по организации дорожного движения методике Ф. Вебстера данная методика показывает хорошую согласованность с экспериментальными данными, полученными в условиях транспортного затора.

При проведении исследования были приняты следующие допущения:

- транспортные потоки состоят только из легковых автомобилей;
- интенсивности дорожного движения на встречных подходах к перекрестку равны;
- продольные уклоны составляют 0 %;
- ширина полосы движения составляет 3,75 м;
- доля транспортных средств, совершающих правый поворот по главной дороге – 5 %, совершающих левый поворот – 5, 10, 15, 20 %;
- доля транспортных средств, совершающих правый поворот на второстепенной дороге – 5 %, совершающих левый поворот – 10 %;
- отсутствие пешеходного движения.

Методика проведения исследования приведена на рис. 2.

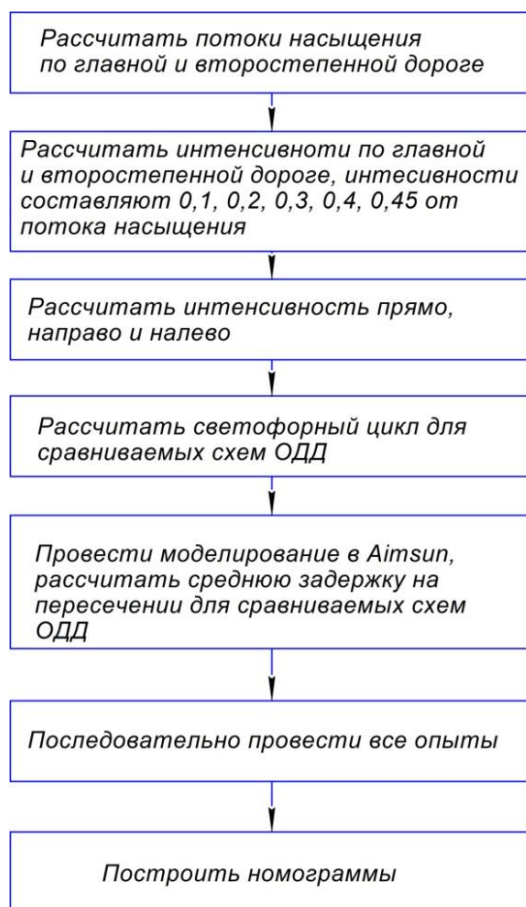


Рисунок 2 – Методика проведения исследования

Исходя из геометрических размеров, а также описанных выше допущений, для подходов к перекресткам определялись потоки насыщения по главной и второстепенной дороге [13, 14]. Далее определялись интенсивности по главной и второстепенной дороге, которые составляли: 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,45 от потока насыщения. Затем определялись интенсивности прямо, лево- и правоповоротных потоков. Структуры светофорных циклов рассчитывались согласно рекомендациям научно-технической литературы [5, 10, 13, 14].

Полученные интенсивности дорожного движения, структуры светофорных циклов вводились в модели дорожного движения. По окончании моделирования получали значения транспортных задержек по каждому подходу, на основании которых рассчитывалась средняя задержка по формуле 1.

На основе рассчитанных средних задержек были определены области, в которых одна из исследуемых технологий организации дорожного движения наиболее эффективна, т.е. имеет минимальные средние задержки. Для уточнения границ полученных областей проводилось дополнительное моделирование.

3 Результаты исследований

В результате обработки результатов исследования была разработана номограмма (см. рис. 3) для обоснования планировочного решения перекрестка по критерию эффективности организации дорожного движения в зависимости от средних интенсивностей на пересекающихся дорогах (улицах) и доли левоповоротного потока.

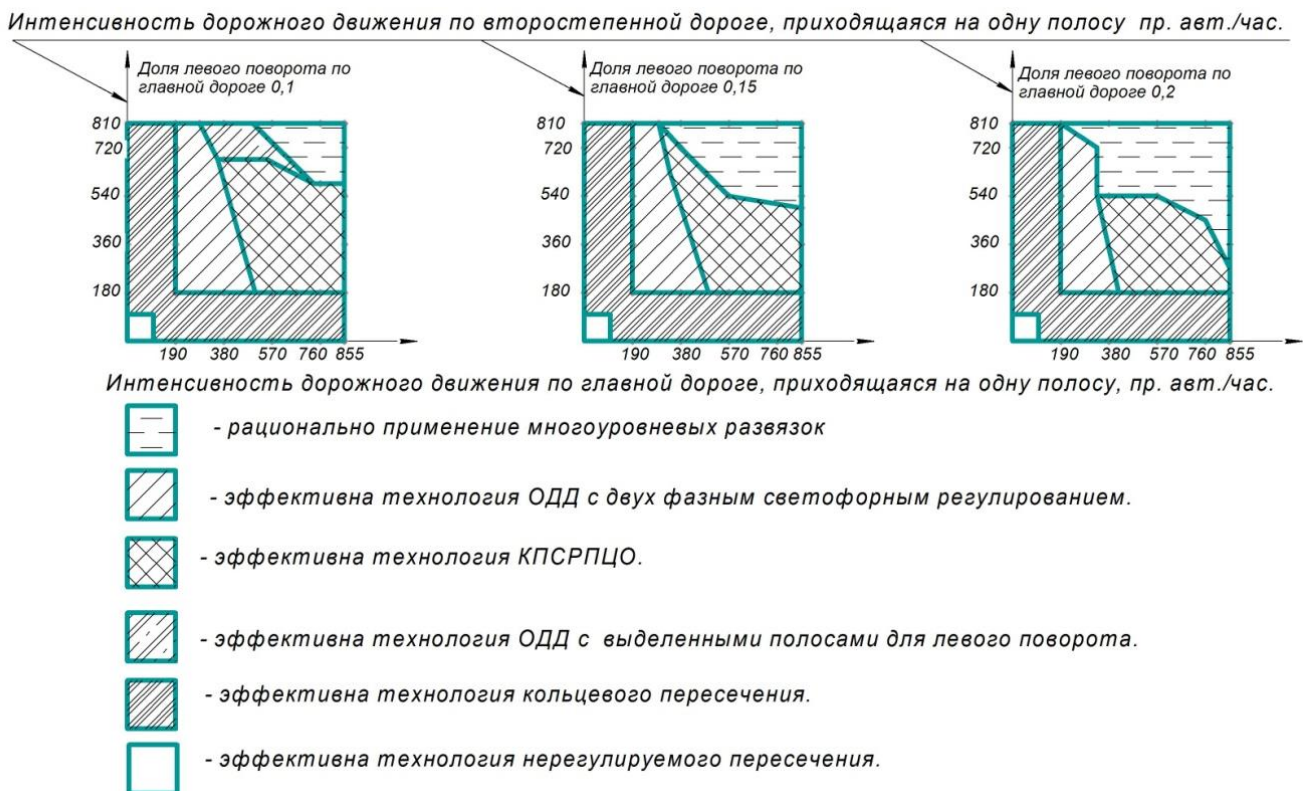


Рисунок 3 – Предлагаемая номограмма для обоснования планировочного решения перекрестка по критерию эффективности организации дорожного движения

4 Обсуждение и заключение

На основании полученных номограмм видно, что применение нерегулируемых перекрестков показывает свою эффективность при интенсивности дорожного движения до 100 приведенных ед./час на полосу движения (рис. 3). При превышении данного значения начинается рост транспортных задержек по второстепенному направлению, что влечет к росту средней транспортной задержки на пересечении. Технология кольцевого пересечения позволяет по развязке двигаться сразу нескольким транспортным средствам, поэтому с ростом интенсивностей по одному из направлений данная технология является предпочтительней, чем обычное пересечение. С одновременным ростом интенсивностей на пересекающихся улицах (начиная от 190 приведенных ед./час до 380 по главному направлению и до 720 приведенных ед./час по второстепенному направлению) эффективность кольцевого пересечения снижается ввиду образования очередей въезжающих транспортных средств на круговую развязку. В этой области эффективна технология регулирования дорожного движения. С дальнейшим ростом средних интенсивностей дорожного движения левоповоротные потоки не успевают завершить маневр, вызывая помехи транспорту, движущемуся по противоположному направлению вплоть до блокировки перекрестка. В данной области эффективны технологии организации дорожного движения кольцевого пересечения со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком и регулируемое пересечение с выделенными полосами для транспортных средств, ожидающих поворот налево. При последующем повышении средних интенсивностей происходит рост очередей транспортных средств перед развязкой, увеличении конфликтных ситуаций между транспортными средствами, заканчивающими левый поворот и начинающими движение на противоположном направлении. Поэтому при таких интенсивностях уже необходимо рассматривать вопрос о возможности применения многоуровневых развязок.

Разработанная номограмма обоснования планировочного решения перекрестка хорошо согласуется с известными ранее и апробированными номограммами, а также с результатами исследования эффективности дорожного движения на нерегулируемых, регулируемых и кольцевых пересечениях.

Предлагаемая номограмма отличается от существующих учетом средних часовых интенсивностей дорожного движения и варьированием доли левоповоротного потока по основному направлению [6]. Кроме этого, в номограмму дополнительно введены кольцевое пересечение со светофорным регулированием и диаметрально прорезанным центральным островком и регулируемое пересечение с выделенными полосами для транспортных средств, ожидающих поворот налево.

Таким образом, в результате проведенного исследования была получена номограмма для обоснования вида планировки пересечения автомобильных дорог и организации движения на перекрестке по минимуму транспортных задержек с учетом применяемых современных технологий организации дорожного движения. Для ее получения были разработаны пять моделей перекрестков автомобильных дорог, с помощью которых выявлены наиболее эффективные решения при различных сочетаниях интенсивностей дорожного движения по направлениям.

Список литературы

1 Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006 – 2012 годах» [Электронный ресурс] : утверждена Постановлением Правительства РФ от 20.02.2006 г. № 100. – Информационно-правовой справочник Гарант. Режим доступа: <http://base.garant.ru/189189/>.

2 Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах» [Электронный ресурс] : утверждена Постановлением Правительства РФ от 3.10.2013 г. № 864. – Информационно-правовой справочник Гарант. Режим доступа: <http://base.garant.ru/70467076/>.

3 Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы [Электронный ресурс] : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8.01.2018 года №1-р. – Информационно-правовой справочник Гарант. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71760528/>.

4 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс] : Указ Президента РФ от 7.05.2018 г. № 204. – Информационно-правовой справочник Гарант. Режим Доступа: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467/#ixzz6kAOeEs3U>.

5 Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : от 29.12.2017 ФЗ № 443-ФЗ. – Информационно-правовой справочник Гарант. Режим Доступа: <https://base.garant.ru/71848756/>.

6 ОДМ 218.2.020–2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. – 144 с.

7 Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. Часть 2. Свод правил по проектированию геометрических элементов транспортных пересечений автомобильных дорог. – Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2012. – 212 с.

8 Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur. Raum- und Umweltplanung // Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation. 2004. 222 p.

9 Сильченков, Д. Д. Определение условий эффективного применения кольцевого пересечения со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком (КПСРЦО) / Д. Д. Сильченков, А. В. Лемешкин, В. С. Метлев, В. В. Ульяновский // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 2. – С. 29-33.

10 Сильченков, Д. Д. Исследование транспортных задержек на кольцевом пересечении со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком / Д. Д. Сильченков, А. В. Лемешкин, Ю. Я. Комаров, В. С. Метлев // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 4. – С. 27-30.

11 Adaptation of the Traffic Signal Control Design Method to a Hamburger Roundabout (Адаптация методики расчета светофорного цикла для кругового пересечения со светофорным регулированием и прорезанным центральным островком) / Д. Д. Сильченков, Ю. А. Сильченкова, Г. С. Закожурникова, С. С. Закожурников // Architecture and Engineering. - 2021. - Vol. 6, issue 3. - С. 70-76. - DOI: 10.23968/2500-0055-2021-6-3-70-76.

12 Aimsun Micro / Meso 6. Руководство пользователя – Текст : электронный // TTS – Transport Simulation System, 2009.– 236 с.

13 ОДМ 218.6.003–2011. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. – Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2011. – 69 с.

14 Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – Москва : Академкнига, 2005. – 279 с.

References

1 Federal Target Programme "Improving Road Safety in 2006 - 2012" [Electronic re-source] : Approved by the Resolution of the Government of the Russian Federation dated 20.02.2006 y. № 100. – Information-legal reference book Garant. Access mode: <http://base.garant.ru/189189/>.

2 Federal Target Programme "Improving Road Safety in 2013-2020" [Electronic resource] : Approved by the Resolution of the Government of the Russian Federation dated 3.10.2013 y. № 864. – Information-legal reference book Garant. Access mode: <http://base.garant.ru/70467076/>.

3 Strategy of road safety in the Russian Federation for 2018 - 2024 years [Electronic re-source] : approved by the order of the Government of the Russian Federation from 8.01.2018 № 1-r. - Information-legal directory Garant. Access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71760528/>.

4 On national goals and strategic objectives of development of the Russian Federation for the period up to 2024 [Electronic resource] :Decree of the President of the Russian Federation from 7.05.2018 № 204. - Information-legal directory Garant. Mode of Access: <http://www.garant.ru/hot-law/federal/1195467/#ixzz6kAOeEs3U>.

5 On the organisation of road traffic in the Russian Federation and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation [Electronic resource] : from 29.12.2017 FZ № 443-FZ. - Information-legal directory Garant. Mode of Access: <https://base.garant.ru/71848756/>.

6 ODM 218.2.020-2012. Methodological recommendations for assessing the capacity of motorways. - Moscow : Federal Road Agency (Rosavtodor), 2013. - 144 p.

7 Code of rules for the design of geometric elements of motorways and transport intersections. Part 2. Code of rules for the design of geometric elements of transport intersections of motorways. - Moscow : Federal Road Agency (Rosavtodor), 2012. - 212 p.

8 Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur. Raum- und Umweltplanung // Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation. 2004. 222 p.

9 Determination of the conditions of effective application of the roundabout with traffic light regulation and cut-through central island / D.D. Silchenkov, A.V. Lemeshkin, V.S. Metlev, V.V. Ulyanovsky // Construction and Road Machines. Ulyanovsky // Stroitel'nye i rozhnye mashiny [Construction and Road Machines. - 2020. - № 2. - P. 29-33.

10 Investigation of the traffic delays at the roundabout with the traffic light regulation and a cut-through central island / D.D. Silchenkov, A.V. Lemeshkin, Yu.Y. Komarov, V.S. Metlev // Stroitel'nye i rozhnye mashiny [Construction and Road Machines. - 2020. - № 4. - P. 27-30.

11 Adaptation of the Traffic Signal Control Design Method to a Hamburger Roundabout / D.D. Silchenkov, Yu.A. Silchenkova, G.S. Zakozhurnikova, S.S. Zakozhurnikov // Architecture and Engineering. - 2021. - Vol. 6, issue 3. - P. 70-76. - DOI: 10.23968/2500-0055-2021-6-3-70-76.

12 Aimsun Micro / Meso 6. User manual - Text : electronic // TTS - Transport Simulation System, 2009.- 236 p.

13 ODM 218.6.003-2011. Methodical recommendations on design of traffic light objects on motorways. - Moscow : Federal Road Agency (Rosavtodor), 2011. - 69 p.

14 Kremenets, Yu.A. Technical means of road traffic organisation : textbook for universities / Yu.A. Kremenets, M.P. Pecherskiy, M.B. Afanasyev. - Moscow : Akademkniga, 2005. - 279 p.

© Комаров Ю.Я., Ганзин С.В., Сильченков Д.Д., Зеликова Н.В., 2024