

## ТРАНСПОРТ

Научная статья  
УДК 656.13

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-44>

### КРИТИЧЕСКИЕ ИНТЕРВАЛЫ И ИНТЕРВАЛЫ СЛЕДОВАНИЯ ИЗ ОЧЕРЕДИ НА ДВУХПОЛОСНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

Н. М. Каримов<sup>1</sup>, А. Ю. Михайлов<sup>2</sup>

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

<sup>1</sup> e-mail: [newday-87@mail.ru](mailto:newday-87@mail.ru)

<sup>2</sup> e-mail: [89148701840@mail.ru](mailto:89148701840@mail.ru)

**Аннотация.** В последнее десятилетие в Российской Федерации для кольцевых пересечений дорог общего пользования разработан целый ряд методических и нормативных документов. Вместе с тем в городах Российской Федерации проектируются и эксплуатируются двух и трехполосные кольцевые пересечения, для которых пока не разработаны руководства, учитывающие особенности функционирования таких пересечений. Разработка таких документов предполагает определение всех характеристик многополосных кольцевых пересечений, используемых в последовательных расчетах пропускной способности, задержек и длины очередей.

**Цель исследования** – разработка методики оценки пропускной способности многополосных кольцевых пересечений. На данном этапе выполнено исследование по определению значений критических интервалов и интервалов следования из очереди для двухполосных кольцевых пересечений.

**Методика исследований.** Обработывалась видеосъемка кольцевых пересечений, расположенных в городах Братск, Петрозаводск, Псков. На каждой полосе кольцевой проезжей части фиксировались интервалы в потоке, измеряемые между передними бамперами транспортных средств. Отмечались принятые и отвергнутые интервалы, а также количество транспортных средств, использовавших принятые интервалы. Определение критических интервалов и интервалов следования из очереди выполнялось с использованием линейных регрессионных моделей.

**Результаты исследования.** Установлено, что значения критических интервалов и интервалов следования у левых и правых полос входов на двухполосные кольцевые пересечения имеют разные значения. Эти результаты подтверждают необходимость применения методов расчета пропускной способности, рассматривающих каждую из полос входов на многополосные кольцевые пересечения в отдельности.

**Задачи дальнейших исследований.** Дальнейшие исследования будут посвящены установлению критических интервалов и интервалов следования из очереди для трехполосных колец. Также предстоит установить влияние интенсивности движения на распределения интервалов в потоках на двух и трехполосных кольцевых проезжих частях. Последовательное решение перечисленных исследовательских задач позволит сформировать методику расчета всех характеристик функционирования городских многополосных кольцевых пересечений.

**Ключевые слова:** двухполосные кольцевые пересечения, конфликтные точки, критические интервалы, интервалы следования из очереди, регрессионный анализ.

**Для цитирования:** Каримов Н. М., Михайлов А. Ю. Критические интервалы и интервалы следования из очереди на двухполосных кольцевых пересечениях // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 4. – С. 44–57, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-44>.



Original article

## CRITICAL INTERVALS AND QUEUE INTERVALS AT TWO-LANE ROUNDABOUTS

N. M. Karimov<sup>1</sup>, A. Yu. Mikhailov<sup>2</sup>

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup> e-mail: newday-87@mail.ru

<sup>2</sup> e-mail: 89148701840@mail.ru

**Abstract.** Over the past decade, a number of manuals have been developed for rural road roundabouts in the Russian Federation. However, two- and three-lane roundabouts are designed and operated in cities of the Russian Federation do not yet have manuals that take into account the specific features of this urban intersections. The development of such do not yet have manuals involves defining all multi-lane roundabout characteristics which used in consistent calculations of capacity, traffic delays and queue length.

**The objective of the study** is to develop a methodology of multi-lane roundabout capacity estimation. At this stage, a study was done to determine the values of critical headway and follow-up time for two-lane roundabouts.

**Research methodology.** Video rings were received from the city of Bratsk, Petrozavodsk, Pskov. The headways measured between the front bumpers of cars, were recorded on each lane of the circular roadway. Accepted and rejected headways were highlighted, as well as the number of vehicles using each accepted headway. Critical headway and follow-up time were determined using linear regression models.

**Study Result.** It was found that the values of critical headway and follow-up time of the left and right entry lanes have different values. These results proved the validity of capacity calculation methods based on a separate consideration of each of entry lane.

**Objectives for further research.** Further research will focus on estimation of critical headway and follow-up time for three-lane roundabouts. It is also necessary to establish the influence of traffic volumes on the headway distribution on two- and three-lane circular carriage way. Consistent solving of mentioned above research tasks will allow to form an estimation methodology for all characteristics of multilane roundabouts.

**Key words:** two-lane roundabouts, conflict points, critical headway, follow-up time, regression analysis.

**Cite as:** Karimov, N. M., Mikhailov, A. Yu. (2023) [Critical intervals and queue intervals at two-lane roundabouts]. *Intellect. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 44–57, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-44>.

### Введение

В 2022 году Минтранс России утвердил «Методические рекомендации по проведению мониторинга дорожного движения»<sup>1</sup>, в которых показателем качества организации дорожного движения (ОДД) на кольцевых пересечениях является уровень обслуживания транспортных потоков, оцениваемый величиной средней задержки транспортных средств. Унификация методов оценки качества ОДД требует использования средней задержки для оценки уровня обслуживания также на проектируемых кольцевых пересечениях, включая сравнение вариантов проектных решений.

В действующем отраслевом документе

ОДМ 218.2.071-2016 «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог»<sup>2</sup> (с. 111) предложено использовать модель расчета средней задержки, применяемую начиная с издания руководства Highway Capacity Manual 2000<sup>3</sup>. Полезным практическим свойством этой модели является возможность расчета задержек в условиях исчерпания пропускной способности (т. е. при возникновении заторов).

Рекомендуемая в ОДМ 218.2.071-2016 модель расчета средней задержки включает два взаимосвязанных параметра: пропускную способность полосы на входе на кольцевое пересечение и ее уровень загрузки (т. е.

<sup>1</sup> «Методические рекомендации по проведению мониторинга дорожного движения» утверждены распоряжением Минтранса России от 27.12.2022 № АК-337-р – URL: <https://mintrans.gov.ru/file/489281> (дата обращения: 28.02.2023).

<sup>2</sup> ОДМ 218.2.071-2016 Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог // РОСАВТОДОП. – URL: <https://rosavtodop.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/odmkolbtsa14marta20171.pdf> (дата обращения: 28.02.2023).

<sup>3</sup> Highway Capacity Manual 2000 – URL: [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacity\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacity_manual.pdf) (дата обращения: 28.02.2023).

коэффициент насыщения). Таким образом, точность расчета задержек полностью зависит от точности оценки пропускной способности. В этой связи становится актуальной задачей развитие методов оценки пропускной способности всех видов кольцевых пересечений (однополосных, многополосных, турбо-кольцев), включая случаи городских улично-дорожных сетей (УДС), где необходимо также учитывать влияние пешеходных потоков и светофорных объектов.

**Обоснование метода расчета пропускной способности входов на многополосные кольцевые пересечения**

ОДМ 218.2.071-2016 (п.14.3 Оценка пропускной

способности) предлагает выполнять расчет пропускной способности в соответствии с ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог»<sup>4</sup>. В свою очередь ОДМ 218.2.020-2012 содержит расчет пропускной способности, изложенный в документе «Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог»<sup>5</sup>, который был утвержден еще в 1980 г. Последний из анализируемых методических документов приводит значения граничных интервалов, установленных в ходе исследований кольцевых пересечений автомобильных дорог общего пользования (таблица 1).

Таблица 1. Значения граничных (критических) интервалов, рекомендуемые «Методическими указаниями по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог»<sup>5</sup>

Тип автомобиля	Вероятность принятия интервала, %		
	50%	85%	100%
	Граничный интервал, с		
Легковой	4,7	5,9	6,6
Грузовой	5,7	6,8	7,6

Источник: заимствовано из Методических указаний по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог<sup>5</sup>

Указанные в таблице 1 значения требуют уточнения, поскольку они были получены более 40 лет назад. За этот период значительно изменились динамические характеристики транспортных средств и интенсивности движения, что изменило поведение водителей. Есте-

ственно, что значения критических интервалов, приводимые в «Методических указаниях по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог»<sup>5</sup> существенно превышают значения, полученные для современных условий дорожного движения (таблица 2).

Таблица 2. Критические интервалы  $t_c$  и интервалы следования из очереди  $t_f$ , используемые для расчета кольцевых пересечений в программе SIDRA

Значение	Критический интервал $t_c$ , с	Интервал следования из очереди $t_f$ , с	Отношение $t_f/t_c$
Минимум	1,90	0,80	0,29
Среднее	3,45	2,04	0,61
Максимум	7,40	3,55	0,92
Значение 15% обеспеченности	2,53	1,32	0,43
Значение 85% обеспеченности	4,51	2,65	0,79

Источник: заимствовано из [18]

<sup>4</sup> ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог // РОСАВТОДОР. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/22-odm-2182020-2012.pdf> (дата обращения: 28.02.2023).

<sup>5</sup> Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог / Минавтодор РСФСР – М. Транспорт, 1980 – 76 с.

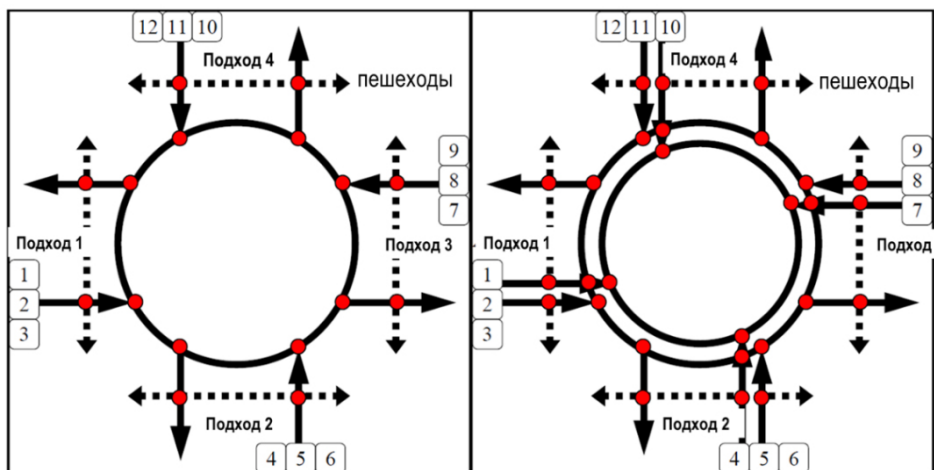
Многие современные методики расчета кольцевых пересечений рассматривают отдельно каждую из полос входа на кольцо, которая получила название lane by lane analysis [3]. Модели пропускной способности полосы на входе на кольцевое пересечение [1; 2; 6; 8; 10–13; 16; 17; 19; 22–24] делятся на два типа:

- статистические модели, в основе которых используются регрессионные модели зависимости пропускной способности от интенсивности движения

главного потока на кольцевой проезжей части;

- модели принятия интервалов (gap acceptance).

Модели принятия интервалов представляют гораздо больший интерес для практического использования, поскольку позволяют выполнять оценку пропускной способности с учетом всех конфликтных точек однополосных и многополосных кольцевых пересечений, включая конфликты с пешеходным движением (рисунок 1) [27].



1,2,...,12 – направления движения транспорта на кольце

Рисунок 1. Конфликтные точки транспортных и пешеходных потоков на однополосных и двухполосных пересечениях

Источник: заимствовано из [27]

Конфликты транспортных и пешеходных потоков не включались в статистические модели оценки пропускной способности, что делает их малоприменимыми для сравнения разных вариантов кольцевых пересечений, особенно в городских условиях.

Особенностью современных расчетов пропускной способности конфликтных точек стало использование дихотомического распределения (Cowan's

Distribution), учитывающего наличие связанной части транспортного потока, возникающей в условиях высокой интенсивности движения [4; 8]. В случае использования дихотомического распределения интервалов в потоке пропускная способность конфликтной точки на нерегулируемых и кольцевых пересечениях определяется с использованием уравнения

$$c = \frac{(q/3600)\varphi e^{[-\lambda(t_c - \Delta)]}}{1 - e^{-\lambda t_f}}, \quad (1)$$

где

- $q$  – интенсивность движения главного потока в конфликтной точке, авт/ч;
  - $\varphi$  – свободная доля потока главного направления (т. е. доля интервалов, превышающих 1,8–2,0 с);
  - $\lambda$  – параметр распределения;
  - $t_c$  – критический интервал потока главного направления, с;
  - $t_f$  – интервал следования из очереди второстепенного направления движения, с;
  - $\Delta$  – минимальный интервал в потоке главного направления, с.
- Соответственно параметр  $\lambda$  оценивается как :

$$\lambda = \frac{\varphi(q/3600)}{1 - \Delta(q/3600)}. \quad (2)$$

Разработка методики расчета пропускной способности входов на многополосные кольцевые пересечения, задержек и длины очередей на них требует установления значений всех параметров, входящих в формулу (1). При этом значения параметров должны быть получены в основе изучения характеристик современных условий дорожного движения в городах Российской Федерации.

### Термины интервал и разрыв

В зарубежной литературе многие авторы обозначают критический интервал термином «critical gap» [5; 7; 9; 11; 12; 14; 15; 23; 26]. Гар измеряется как промежуток времени между пересечением рассматриваемого створа задним бампером первого автомобиля и передним бампером последующего второго автомобиля, что можно обозначать термином разрыв. Соответственно headway рассматривается как промежуток между пересечениями створа передними бамперами [4; 11; 18; 20; 25].

В руководстве Capacity Manual 2010 были приняты следующие определения<sup>6</sup>:

- критический интервал (critical headway) – минимальный интервал времени в транспортном потоке главного направления, который позволяет въехать на перекресток одному автомобилю со второстепенного направления;
- интервал следования из очереди (follow-up time) – время между выездом одного транспортного средства со второстепенного направления и выездом следующего транспортного средства, использующего тот же самый интервал в потоке главного направления.

В связи с этим в литературе все чаще применяется термин critical headway [18; 20; 25], обычно обозначаемый как  $t_c$ .

С учетом общепринятой терминологии в данной работе интервалы в потоке, движущемся по кольцевой проезжей части, измерялись между передними бамперами транспортных средств (рисунок 2).



Рисунок 2. Определение интервалов в потоке на кольцевой проезжей части

Источник: разработано авторами

### Выбор метода оценки критических интервалов и интервалов следования из очереди

Для оценки критических интервалов используется ряд принципиально отличающихся математических моделей [5; 7; 9; 11; 18; 25; 26]. По результа-

там анализа литературы можно сделать вывод, что при разработке руководств по оценке пропускной способности двухполосных кольцевых пересечений часто применялся метод максимального правдоподобия (таблица 3).

Таблица 3. Методы определения критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди  $t_f$  на двухполосных кольцевых пересечениях

Страна	Тип двухполосного кольцевого пересечения	Полоса на входе на кольцо	$t_c$ , с	$t_f$ , с	Метод оценки
Германия	Компактное – внешний диаметр 40–60 м	Любая	5,2	2,2	Метод Сиглоха (Siegloch's method) [7]
	Большое – внешний диаметр > 60 м	Любая	4,4	2,9	

<sup>6</sup> Traffic engineering Highway Capacity Manual 2010 – URL: [http://tftb.s805.sureserver.com/files/Attachment/4\\_Interrupted\\_flow\\_HCM\\_2010.pdf](http://tftb.s805.sureserver.com/files/Attachment/4_Interrupted_flow_HCM_2010.pdf) (дата обращения: 23.03.2023).

Продолжение таблицы 3

Страна	Тип двухполосного кольцевого пересечения	Полоса на входе на кольцо	$t_c$ , с	$t_f$ , с	Метод оценки
Польша	Средние	Левая	4,3	3,3	Регрессия «критический интервал – внешний диаметр» <sup>7</sup>
		Правая	4,6	3,6	
	Большие	Левая	3,8	2,6	
		Правая	4,2	2,9	
США NCHRP 572	2-хполосное кольцо	Левая	4,2–5,5	3,1–4,7	Максимальное правдоподобие [21]
		Правая	3,4–4,9	2,7–4,4	
Швеция	2 и более полос	Левая	4,4–4,6	–	Максимальное правдоподобие [13]
		Правая	4,0–4,3	–	

Источник: составлено авторами

Метод максимального правдоподобия требует получения функций распределения принятых и максимальных отвергнутых водителями интервалов [9]. Метод Раффа (Raff's method) [7; 18], применявшийся в российской практике, также основан на использовании распределения принятых и отвергнутых интервалов. Таким образом, оба этих метода трудоемки и, кроме того, позволяют определять значения только критических интервалов  $t_c$ .

Применяемый рядом авторов метод Сиглоха (Siegloch's method) [5; 7] использует регрессионную зависимость между продолжительностью принятого интервала и количеством транспортных средств, принявших его, что позволяет одновременно оценить критический интервал и интервал следования из очереди. В данной работе использован вариант регрессионной модели [5]

$$\hat{h}(n) = t_0 + nt_f, \quad (3)$$

где

 $\hat{h}(n)$  – длительность интервала  $h$ , который приняло  $n$  транспортных средств, с; $t_0$  – длительность минимального принятого интервала, с; $t_f$  – интервал следования из очереди, с.

В модели (3) длительность минимального принятого интервала  $t_0$  является свободным членом регрессионного уравнения, а интервал следования  $t_f$  – угловым коэффициентом. Соответственно критический интервал  $t_c$  оценивается как

$$t_c = t_0 + t_f/2. \quad (4)$$

Выбор метода Сиглоха (Siegloch's method) обосновывается также тем, что:

- он использован для установления значений критических интервалов и интервалов следования на однополосных кольцах в диссертационном исследова-

нии А. С. Липницкого<sup>8</sup>, результаты которого включены в состав ОДМ 218.2.020-2012 (п. 6.2 Пропускная способность кольцевых пересечений)<sup>9</sup>;

- метод рекомендован для применения в широко используемой программе SIDRA, для которой

<sup>7</sup> Tracz M., Chodur J., Ostrowski K.: Roundabouts: Country Report - Poland, International Roundabout Design and Capacity Seminar – 6th International Symposium on Highway Capacity, Stockholm, Sweden, 2011 – URL: [https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/06/RDC\\_Poland.pdf](https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/06/RDC_Poland.pdf) (дата обращения: 03.03.2023).

<sup>8</sup> Липницкий А. С. Повышение эффективности организации дорожного движения на основе применения компактных кольцевых пересечений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Иркутск, 2010. – 20 с. – URL: [http://www.transport.istu.edu/downloads/auto\\_lipnickiy.pdf](http://www.transport.istu.edu/downloads/auto_lipnickiy.pdf) (дата обращения: 03.03.2023).

<sup>9</sup> ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог // РОСАВТОДОР. – URL: <https://rosavtdor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/22-odm-2182020-2012.pdf> (дата обращения: 28.02.2023).

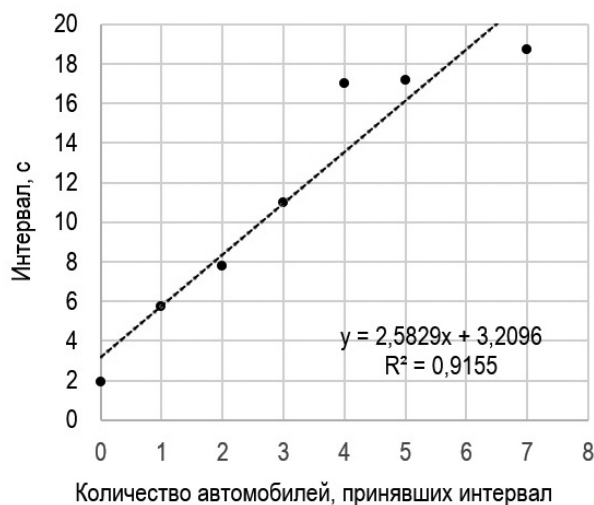
разработано специальное приложение SIDRA\_GAP-ACCEPTANCE-SURVEY<sup>10</sup>, находящееся в свободном доступе.

В процессе исследования регрессионные модели разрабатывались для разных сочетаний данных (рисунок 3, таблицы 4–6):

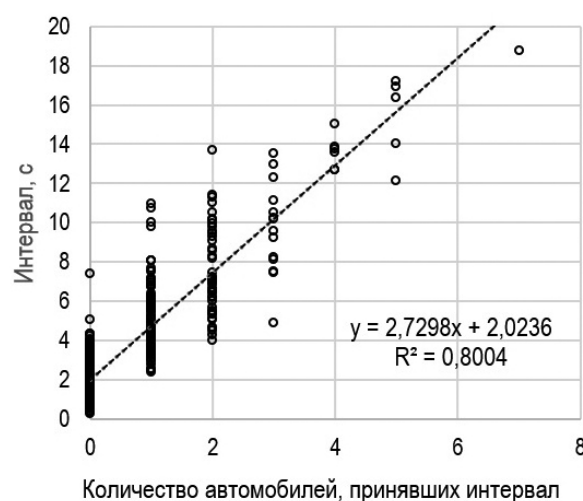
- для данных отдельных обследований рассматриваемого входа на кольцо;
- совместно для всех данных, полученных для рассматриваемой полосы на входе на кольцо;
- для средних значений интервалов, которые

приняло  $n$  автомобилей – регрессия средних.

Одним из аспектов использования метода Сиглоха является включение в модель отклоненных интервалов. В приложении SIDRA\_GAP-ACCEPTANCE-SURVEY<sup>10</sup> Akcelic R. рассматривает только принятые интервалы. Вместе с тем некоторые авторы [5] включают в регрессионные модели отвергнутые интервалы как интервалы, в которых число принявших интервал автомобилей равно 0 (т. е.  $n = 0$ ). В данной работе применены регрессионные модели с включением отклоненных интервалов (см. рисунок 3).



а) регрессия средних



б) регрессия всех данных

Рисунок 3. Регрессионные модели оценки критических интервалов и интервалов следования из очереди: левая полоса кольцевого пересечения ул. Мира – ул. Обручева (г. Братск)

Источник: составлено авторами

### Результаты исследования

На данном этапе были исследованы двухполосные кольцевые пересечения:

- ул. Мира – ул. Обручева (г. Братск), диаметр центрального островка – 50 м, внешний диаметр – 68 м;
- Площадь десантников (г. Псков), диаметр центрального островка – 28 м, внешний диаметр – 48 м;
- Древлянское кольцо (г. Петрозаводск), диаметр центрального островка – 98 м, внешний диаметр – 122 м.

На пересечении ул. Мира – ул. Обручева (таблица 4) исследовались три входа на кольцо. По результатам

регрессионного анализа критические интервалы  $t_c$  и интервалы следования из очереди  $t_f$  у правых полос на входах меньше, чем у левых полос (правые полосы  $t_c=3,26-3,79$ ,  $t_f=1,67-2,27$ ; левые полосы  $t_c=3,34-4,50$ ,  $t_f=2,52-3,08$ ).

На Площади десантников (таблица 5) исследовался вход на кольцо по ул. 128 Стрелковой дивизии. Поток главного направления по отношению к рассматриваемому входу на кольцо формируется на ул. Юбилейная, светофорный объект на которой находится на расстоянии более 1000 м от кольцевого пересечения.

<sup>10</sup> Akçelik R. (2021). SIDRA Gap Acceptance Survey (Excel Application SIDRA\_GAP-ACCEPTANCE-SURVEY.xlsx) – URL: <https://www.sidrasolutions.com/media/495/download> (дата обращения: 03.03.2023).

Таблица 4. Результаты оценки критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди  $t_f$ : кольцевое пересечение ул. Мира – ул. Обручева (г. Братск)

Полоса входа	Дата и время	Уравнение регрессии	$t_c$	$t_f$	$t_0$	$t_f/t_c$
Левая ул. Мира	07.09.21 12:37	$y = 2,71x + 2,00; R^2 = 0,67$	3,56	2,71	2,00	0,76
Левая ул. Обручева		$y = 2,52x + 2,22; R^2 = 0,87$	3,48	2,52	2,22	0,72
Левая ул. Обручева		$y = 3,08x + 1,80; R^2 = 0,85$	3,34	3,08	1,80	0,92
Левая – все данные совместно		$y = 2,73x + 2,02; R^2 = 0,80$	3,74	2,73	2,02	0,73
Левая – регрессия средних		$y = 2,58x + 3,21; R^2 = 0,92$	4,50	2,58	3,21	0,57
Левая – средние значения			3,72	2,72	2,25	0,74
Правая ул. Мира	07.09.21 12:37	$y = 2,24x + 2,18; R^2 = 0,47$	3,30	2,24	2,18	0,68
Правая ул. Обручева		$y = 3,04x + 2,27; R^2 = 0,58$	3,79	3,04	2,27	0,80
Правая ул. Обручева		$y = 3,18x + 1,67; R^2 = 0,52$	3,26	3,18	1,67	0,98
Правая – все данные совместно		$y = 2,82x + 2,04; R^2 = 0,52$	3,45	2,82	2,04	0,82
Правая – регрессия средних		$y = 2,36x + 2,21; R^2 = 0,92$	3,39	2,36	2,21	0,70
Правая – средние значения			3,44	2,73	2,07	0,80

Источник: составлено авторами

Таблица 5. Результаты оценки критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди  $t_f$ : кольцевое пересечение Площадь десантников (г. Псков)

Полоса входа	Дата и время	Уравнение регрессии	$t_c$	$t_f$	$t_0$	$t_f/t_c$
Левая	07.11.2022. 20:18	$y = 2,33x + 1,84; R^2 = 0,65$	3,00	2,33	1,84	0,77
	08.11.2022. 09:50	$y = 3,09x + 2,22; R^2 = 0,8$	3,76	3,09	2,22	0,82
	08.11.2022. 10:07	$y = 3,51x + 2,25; R^2 = 0,79$	4,00	3,51	2,25	0,87
	08.11.2022. 10:16	$y = 3,54x + 2,54; R^2 = 0,64$	4,31	3,54	2,54	0,82
Левая – все данные совместно		$y = 3,05x + 2,03; R^2 = 0,74$	3,55	3,05	2,03	0,85
Левая – регрессия средних		$y = 2,59x + 2,53; R^2 = 0,91$	3,82	2,59	2,53	0,67
Левая – средние значения			3,74	3,02	2,24	0,80
Правая	07.11.2022. 20:18	$y = 2,42x + 1,81; R^2 = 0,6$	3,02	2,42	1,81	0,80
	08.11.2022. 09:50	$y = 2,65x + 2,40; R^2 = 0,70$	3,73	2,65	2,4	0,71
	08.11.2022. 10:07	$y = 2,84x + 2,48; R^2 = 0,68$	3,90	2,84	2,48	0,72
	08.11.2022. 10:16	$y = 2,86x + 2,37; R^2 = 0,84$	3,80	2,86	2,37	0,75
Правая – все данные совместно		$y = 2,73x + 2,03; R^2 = 0,68$	3,40	2,73	2,03	0,80
Правая – регрессия средних		$y = 2,21x + 2,67; R^2 = 0,96$	3,78	2,21	2,67	0,58
Правая – средние значения			3,61	2,62	2,29	0,73

Источник: составлено авторами



На Площади десантников (см. таблицу 5) также отмечаются меньшие значения интервалов  $t_c$  и  $t_f$  на правой полосе: правая полоса  $t_c = 3,26-3,79$ ,  $t_f = 1,81-2,67$ ; левая полоса  $t_c = 3,00-4,31$ ,  $t_f = 2,33-3,54$ .

На Деревлянском кольце рассматривался трехполосный подход по Лесному пр. к кольцевой проезжей части, на которой приоритетный поток поступает по двум полосам в зону примыкания входа на кольцо (рисунок 4).

Правее исследуемого входа на кольцо (см. рисунок 4) кольцевая проезжая часть имеет три полосы движения, при этом дополнительная правая полоса кольца предназначена только для правоповоротного движения. Правоповоротный поток рассматриваемого входа вступает в конфликт лишь с частью потока главного направления, осуществляющего правый поворот с кольца.

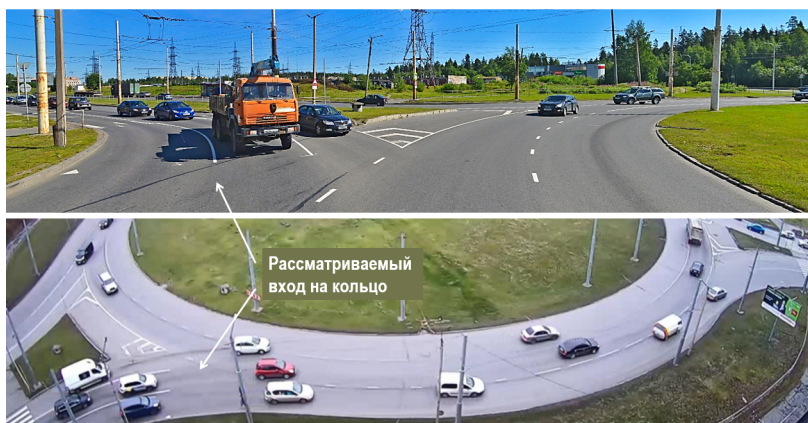
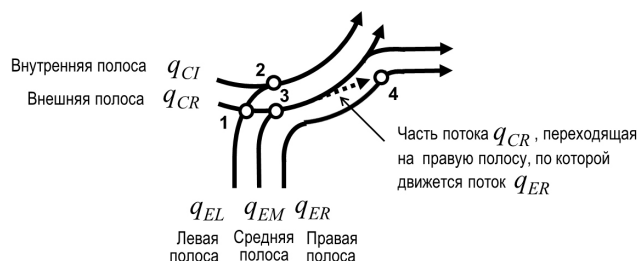


Рисунок 4. Исследуемый вход на Деревлянское кольцо

Источник: составлено авторами

Рассматриваемая схема конфликтных точек главных и второстепенных потоков представлена на рисунке 5.



- $q_{CI}$  – интенсивность движения на внутренней полосе кольцевой проезжей части, авт/ч;
- $q_{CR}$  – интенсивность движения на внешней полосе кольцевой проезжей части, авт/ч;
- $q_{EL}$  – интенсивность движения на левой полосе входа на кольцевую проезжую часть, авт/ч;
- $q_{EM}$  – интенсивность движения по средней полосе входа на кольцевую проезжую часть, авт/ч;
- $q_{ER}$  – интенсивность движения по правой полосе входа на кольцевую проезжую часть, авт/ч;
- 1–4 – конфликтные точки

Рисунок 5. Конфликтные точки главных и второстепенных потоков рассматриваемого входа на Деревлянское кольцо (см. рисунок 4)

Источник: составлено авторами

В случае Деревлянского кольца (таблица 6) также отмечаются большие значения интервалов  $t_c$  и  $t_f$  у левой полосы входа: правая полоса

$t_c = 3,13-3,71$ ,  $t_f = 2,63-3,02$ ; средняя полоса  $t_c = 3,25-3,62$ ,  $t_f = 2,53-2,96$ ; левая полоса  $t_c = 3,52-3,79$ ,  $t_f = 2,54-3,17$ .

Таблица 6. Результаты оценки критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди  $t_f$ : Древлянского кольцо (г. Петрозаводск)

Полоса входа	Дата и время	Уравнение регрессии	$t_c$	$t_f$	$t_0$	$t_f/t_c$
Левая	31.10.2021. 18:50	$y = 2,85x + 2,28; R^2 = 0,73$	3,70	2,85	2,28	0,77
	03.11.2021. 16:44	$y = 3,17x + 2,14; R^2 = 0,62$	3,72	3,17	2,14	0,85
	03.11.2021. 16:57	$y = 2,54x + 2,26; R^2 = 0,55$	3,52	2,54	2,26	0,72
	03.11.2021. 17:15	$y = 2,81x + 2,56; R^2 = 0,55$	3,96	2,81	2,56	0,71
Левая – все данные		$y = 2,85x + 2,31; R^2 = 0,61$	3,73	2,85	2,31	0,76
Левая – регрессия средних		$y = 2,58x + 2,58; R^2 = 0,98$	3,87	2,58	2,58	0,66
Левая – средние значения			3,75	2,80	2,36	0,75
Средняя	31.10.2021. 18:50	$y = 2,66x + 1,94; R^2 = 0,80$	3,27	2,66	1,94	0,81
	03.11.2021. 16:44	$y = 2,80x + 1,85; R^2 = 0,84$	3,25	2,80	1,85	0,86
	03.11.2021. 16:57	$y = 2,53x + 2,09; R^2 = 0,72$	3,35	2,53	2,09	0,75
	03.11.2021. 17:15	$y = 2,96x + 2,14; R^2 = 0,74$	3,62	2,96	2,14	0,81
Средняя – все данные		$y = 2,72x + 2,01; R^2 = 0,77$	3,37	2,72	2,01	0,80
Средняя – регрессия средних		$y = 2,94x + 1,62; R^2 = 0,97$	3,09	2,94	1,62	0,95
Средняя – средние значения			3,33	2,77	1,94	0,83
Правая	31.10.2021. 18:50	$y = 2,97x + 1,92; R^2 = 0,54$	3,40	2,97	1,92	0,87
	03.11.2021. 16:44	$y = 3,02x + 1,62; R^2 = 0,57$	3,13	3,02	1,62	0,96
	03.11.2021. 16:57	$y = 2,71x + 2,14; R^2 = 0,37$	3,49	2,71	2,14	0,77
	03.11.2021. 17:15	$y = 2,63x + 2,40; R^2 = 0,54$	3,71	2,63	2,40	0,70
Правая – все данные		$y = 2,95x + 2,0; R^2 = 0,50$	3,47	2,95	2,0	0,85
Правая – регрессия средних		$y = 2,74x + 2,16; R^2 = 0,97$	3,53	2,74	2,16	0,77
Правая – средние значения			3,46	2,84	2,04	0,82

Источник: составлено авторами

Особенностью результатов, полученных по данным обследования Древлянского кольца, являются значения критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди, полученных для средней полосы (см. таблицу 6). Их значения ( $t_c = 3,33$  с,  $t_f = 2,77$ ) меньше, чем у левой и правой полосы.

Превышение значений критических интервалов и интервалов следования из очереди правой полосы ( $t_c = 3,46$  с,  $t_f = 2,84$ ) над значениями, полученными для средней полосы, можно объяснить условиями взаимодействия правоповоротного потока с частью потока  $q_{CR}$ , выходящего на правую полосу, по которой движется правоповоротный поток  $q_{ER}$  (см. рисунки 5 и 6). Транспортные средства правоповоротного потока  $q_{ER}$  уступают в конфликтной точке 4 (см. рисунок 5), в которой потоки сливаются под острым углом. Это ухудшает условия зрительного контроля для водителей второстепенного потока  $q_{ER}$ , чем можно объяснить более осторожное поведение водителей

этого второстепенного направления.

### Обсуждение

Рассмотренные двухполосные кольцевые пересечения имеют внешний диаметр 48–120 м и классифицируются как кольца среднего и большого диаметров. Необходимо дополнить данное исследование изучением кольцевых пересечений с внешним диаметром менее 40 м. Это позволит проверить гипотезу о влиянии геометрических параметров кольцевого пересечения на величину критических интервалов  $t_c$  и интервалов следования из очереди  $t_f$ .

Поскольку все рассмотренные двухполосные кольцевые пересечения находились вне зон воздействия светофорных объектов, следует также дополнить исследование изучением колец, расположенных рядом со светофорными объектами.

ГОСТ Р 70555-2022 «Дороги автомобильные общего пользования Пересечения кольцевые. Правила

проектирования»<sup>11</sup> предписывает применять трехполосные кольцевые пересечения только с устройством светофорного регулирования или спиралевидной разметки. Практический интерес представляют полученные для Древлянского кольца значения критических интервалов и интервалов следования из очереди левой, средней и правой полос. Если критические ин-

тервалы и интервалы следования из очереди, установленные на Древлянском кольце, окажутся ниже аналогичных характеристик трехполосных входов на трехполосные кольцевые пересечения, появляется основание для разработки рекомендаций по переустройству городских трехполосных кольцевых пересечений по примеру данного кольца.



Рисунок 6. Случаи выхода части транспортных средств потока  $q_{CR}$  на правую полосу, по которой движется правоповоротный поток  $q_{ER}$  (см. рисунок 5)

Источник: составлено авторами

### Выводы

Важнейший результат этого этапа исследований – получение данных, подтверждающих различие значений критических интервалов и интервалов следования из очереди левой и правой полос входа на двухполосное кольцевое пересечение. Таким образом, доказана правильность и необходимость выполнения расчетов пропускной способности, задержек и очередей транспортных средств в отдельности для каждой из полос входа на двухполосное кольцевое пересечение.

С учетом этого результата будет выполнено исследование трехполосных кольцевых пересечений, которые получили широкое распространение в городах Российской Федерации (Владивосток, Иркутск, Липецк, Нижний Новгород, Новокузнецк, Тюмень и т. д.).

Другим продолжением исследования многополосных кольцевых пересечений будет определение зависимостей влияния интенсивности движения на характеристики распределений интервалов в потоке, движущемся на кольцевой проезжей части. Особое внимание следует уделить исследованию влияния светофорных объектов на распределение интервалов на кольцах, что очень важно учитывать при оценке эффективности функционирования кольцевых пересечений в составе регулируемой УДС.

Последовательное решение перечисленных исследовательских задач позволит сформировать методику расчета пропускной способности многополосных кольцевых пересечений, задержек и очередей транспортных средств на них.

### Литература

1. Косцов А. В., Михайлов А. Ю. Современные кольцевые пересечения: зарубежный опыт: монография – М.: А-проджект, 2018. – 106 с.
2. Рассоха В. И., Никитин Н. А. Обзор методов оценки пропускной способности кольцевых пересечений // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – № 3 (53). – С. 31–37. – EDN: OUSSHJ.
3. Akçelik R. (1997) Lane-by-lane modelling of unequal lane use and flares at roundabouts and signalised intersections: the SIDRA solution, *Traffic Engineering and Control*, Vol. 38 (7/8), pp. 388–399.
4. Akçelik R., Chung E. (1994) Calibration of the bunched exponential distribution of arrival headways. *Road and Transport Research*, 3 (1), pp. 42–59.
5. Barchański A., Źochowska R. (2021) Estimation of critical gaps and follow-up times at median uncontrolled t-intersection. *Archives of Transport*, Vol. 60, Is. 4. pp.105–123, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6030>.
6. Brilon W. (2011) Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned, *Paper presented at the 3<sup>rd</sup>*

<sup>11</sup> ГОСТ Р 70555-2022 Дороги автомобильные общего пользования Пересечения кольцевые Правила проектирования – URL: <https://gostassistant.ru/doc/7c6c4759-d414-424d-824f-5485fd86c554> (дата обращения: 01.03.2022).

---

*International TRB-roundabout Conference*, Carmel, Indiana, May 2011. 15 p., URL: [https://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon\\_roundabouts\\_2011\\_05\\_29\\_cit.pdf](https://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon_roundabouts_2011_05_29_cit.pdf) (accessed: 01.02.2023).

7. Brilon W., Koenig R., Troutbeck R. (1999) Useful estimation procedures for critical gaps, *Transportation Research. Part A*, Vol. 33, No. 3–4, pp.161–186.

8. Çalışkanelli P., Özuysal M., Tanyel S., & Yayla N. (2009). Comparison of different capacity models for traffic circles. *Transport*, Vol. 24. No. 4, pp. 257–264, <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2009.24.257-264>.

9. Faye F. R. (2021) Estimation of Critical Gap Using Maximum Likelihood Method at Unsignalized Intersection: A Case Study in Adama City, Ethiopia, *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, Vol. 7. Is. 2, pp. 48–59, <https://doi.org/10.11648/j.ijtet.20210702.12>.

10. Giuffrè O., Granà A., Giuffrè T., Marino R. (2012) Researching a Capacity Model for Multilane Roundabouts with Negotiation of the Right-of-Way between Antagonist Traffic Flows, *Modern Applied Science*, Vol. 6. No. 5, pp. 2–12, <https://doi.org/10.5539/mas.v6n5p2>.

11. Giuffrè O., Granà A. Tumminello M. L. (2016) Gap-acceptance parameters for roundabouts: a systematic review, *European Transport Research Review*, Vol. 8, 2, <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0190-4>.

12. Guo R., Liu L., Wang W. (2019) Review of Roundabout Capacity Based on Gap Acceptance, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 2019, Article ID 4971479, <https://doi.org/10.1155/2019/4971479>.

13. Haging O., Roupail N. M., Sorensen H. (2003) Comparison of Capacity Model for Two Lanes Roundabouts, *Transportation Research Record*, Vol. 1852, Is. 1, pp. 114–123, <https://doi.org/10.3141/1852-15>.

14. Kang N., Nakamura H., Asano M. (2012) An empirical analysis on critical gap and follow-up time at roundabout considering geometry effect, *Proc., 46th Infrastructure Planning Conference*. URL: [http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201211\\_no46/pdf/129.pdf](http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201211_no46/pdf/129.pdf). (accessed: 03.02.2023).

15. Kusuma A., Koutsopoulos H. N. (2011) Critical Gap Analysis of Dual Lane Roundabouts, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 16, pp. 709–717, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.490>.

16. Macioszek E. (2020) Roundabout Entry Capacity Calculation—A Case Study Based on Roundabouts in Tokyo, Japan, and Tokyo Surroundings, *Sustainability*, Vol. 12. Is. 4, 1533, <https://doi.org/10.3390/su12041533>

17. Macioszek E. Akçelik A. Comparison of Two Roundabout Capacity Models, *Paper presented at the 5th International Roundabout Conference, Transportation Research Board, Green Bay, Wisconsin, USA, 8-10 May 2017, 16 p.* – URL: [https://www.researchgate.net/publication/316962117\\_A\\_Comparison\\_of\\_Two\\_Roundabout\\_Capacity\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/316962117_A_Comparison_of_Two_Roundabout_Capacity_Models) (accessed: 14.02.2023).

18. Maslač D., Cvitanić D., Lovrić I. (2020) Estimation of Critical Headway at Small Urban Roundabout, *Promet – Traffic & Transportation*, Vol. 32. Is. 1, pp. 103–117, <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i1.3155>.

19. Mauro R., Branco F. (2010) Comparative analysis of compact multilane roundabouts and turbo-roundabouts, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 136, Is.4, pp. 316–322, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000106](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000106).

20. Radović D., Bogdanović V., Marić B. (2022) Critical headway at unsignalized intersections - literature review, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 12(1), pp. 61–77, [https://dx.doi.org/10.7708/ijtte2022.12\(1\).05](https://dx.doi.org/10.7708/ijtte2022.12(1).05).

21. Rodegerdts L., Blogg M., Wemple E., Myers E., et al. (2007) *Roundabouts in the United States*, NCHRP Report 572, Transportation Research Board, Washington D.C., URL: <https://nacto.org/docs/usdg/nchrp572.pdf> (accessed: 03.02.2023).

22. Šarić A., Lovrić I. (2017) Multi-lane roundabout capacity evaluation, *Frontiers in Built Environment*, Vol. 3, 42, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2017.00042>.

23. Shaaban K., Hamad H. (2020) Critical Gap Comparison between One-, Two-, and Three-Lane Roundabouts in Qatar, *Sustainability*, Vol. 12. Is. 10, 4232, <https://doi.org/10.3390/su12104232>

24. Tollazzi T. (2014) *Alternative Types of Roundabouts. An Informational Guide*, Springer Tracts on Transportation and Traffic, Volume 6, 206 p.

25. Vasconcelos A. L. P., Seco Á. J. M., Silva A. M. B. (2013) Comparison of Procedures to Estimate Critical Headways at Roundabouts, *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 25. No. 1. pp. 43–53, <https://doi.org/10.7307/ptt.v25i1.1246>.

26. Vikram D., Agarwal S. A. (2020) Methodology to Estimate Parameters of Critical Gap Distribution, *Transportation Science. Research Procedia*, Vol. 48, pp. 665–672, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.067>.

27. Wu N., Brilon W. (2017) Roundabout Capacity Based on conflict Technique, *Paper presented at the 5th International Roundabout Conference Green Bay, TRB Committee on Roundabouts (ANB75), Wisconsin, May 8–10,*

2017, 25 p. URL: [http://teachamerica.com/RAB17/RAB17papers/RAB175C\\_BrilonPaper.pdf](http://teachamerica.com/RAB17/RAB17papers/RAB175C_BrilonPaper.pdf) (accessed: 17.01.2023).

### References

1. Kostsov, A. V., Mikhailov, A. Yu. (2018) *Sovremennye kol'cevye peresecheniya: zarubezhnyy opyt* [Modern traffic circles: foreign experience]. Moscow: A-project, 106 p.
2. Rassoja, V. I., Nikitin, N. A. (2020) [Review of methods for assessing the capacity of traffic circles]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological problems of service]. Vol. 3 (53), pp. 31–37. (In Russ.).
3. Akçelik, R. (1997) Lane-by-lane modelling of unequal lane use and flares at roundabouts and signalised intersections: the SIDRA solution. *Traffic Engineering and Control*. Vol. 38. (7/8), pp. 388–399. (In Engl.).
4. Akçelik, R., Chung, E. (1994) Calibration of the bunched exponential distribution of arrival headways. *Road and Transport Research*, Vol. 3 (1), pp. 42–59. (In Engl.).
5. Barchański, A., Żochowska, R. (2021) Estimation of critical gaps and follow-up times at median uncontrolled t-intersection. *Archives of Transport*. Vol. 60, Issue 4, pp.105–123. (In Engl.).
6. Brilon, W. (2011) Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned, Paper presented at the 3<sup>rd</sup> International TRB-roundabout Conference, Carmel, Indiana, May 2011. 15 p. Available at: [https://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon\\_roundabouts\\_2011\\_05\\_29\\_cit.pdf](https://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon_roundabouts_2011_05_29_cit.pdf) (accessed: 01.02.2023). (In Engl.).
7. Brilon, W., Koenig, R., Troutbeck, R. (1999) Useful estimation procedures for critical gaps. *Transportation Research. Part A*. Vol. 33. No. 3–4, pp. 161–186. (In Engl.).
8. Çalışkanelli, P. et al. (2009) Comparison of Different Capacity Models for Traffic Circles. *Transport*. Vol. 24(4), pp. 257–264. (In Engl.).
9. Faye, F. R. (2021) Estimation of Critical Gap Using Maximum Likelihood Method at Unsignalized Intersection: A Case Study in Adama City, Ethiopia. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*. Vol. 7, No. 2, pp. 48–59. (In Engl.).
10. Giuffrè, O., Granà, A., Giuffrè, T., Marino, R. (2012) Researching a Capacity Model for Multilane Roundabouts with Negotiation of the Right-of-Way between Antagonist Traffic Flows. *Modern Applied Science*. Vol. 6. No. 5, pp. 2–12. (In Engl.).
11. Giuffrè, O., Granà, A., Tumminello, M. L. (2016) Gap-acceptance parameters for roundabouts: a systematic review. *European Transport Research Review*. Vol. 8, 20 p. (In Engl.).
12. Guo, R., Liu, L., Wang, W. (2019) Review of Roundabout Capacity Based on Gap Acceptance. *Journal of Advanced Transportation*. Vol. 2019. Article ID 4971479, 11 p. (In Engl.).
13. Haging, O., Roupail N. M. et al. (2003) Comparison of Capacity Model for Two Lanes Roundabouts. *Transportation Research Record*. Vol. 1852. No. 1, pp. 114–123. (In Engl.).
14. Kang, N., Nakamura, H., Asano, M. (2012) An empirical analysis on critical gap and follow-up time at roundabout considering geometry effect. Proc., 46th Infrastructure Planning Conference. Available at: [http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201211\\_no46/pdf/129.pdf](http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201211_no46/pdf/129.pdf). (accessed: 03.02.2023).
15. Kusumaa, A., Koutsopoulos, H. N. (2011) Critical Gap Analysis of Dual Lane Roundabouts. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol. 16, pp. 709–717. (In Engl.).
16. Macioszek, E. (2020) Roundabout Entry Capacity Calculation. A Case Study Based on Roundabouts in Tokyo, Japan, and Tokyo Surroundings. *Sustainability*. Vol. 12(4). 1533, 23 p. (In Engl.).
17. Macioszek, E., Akçelik, A. (2017) Comparison of Two Roundabout Capacity Models. Paper presented at the 5th International Roundabout Conference, *Transportation Research Board, Green Bay, Wisconsin, USA*, 8-10 May 2017. 16 p. – Available at: [https://www.researchgate.net/publication/316962117\\_A\\_Comparison\\_of\\_Two\\_Roundabout\\_Capacity\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/316962117_A_Comparison_of_Two_Roundabout_Capacity_Models) (accessed: 14.02.2023). (In Engl.).
18. Maslač, D., Cvitanić, D., Lovrić, I. (2020) Estimation of Critical Headway at Small Urban Roundabout. *Promet – Traffic & Transportation*. Vol. 32. No. 1, pp. 103–117. (In Engl.).
19. Mauro, R., Branco, F. (2010) Comparative analysis of compact multilane roundabouts and turbo-roundabouts. *J. Transport. Eng*. Vol. 136(4), pp. 316–322. (In Engl.).
20. Radović, D., Bogdanović, V., Marić, B. (2022) Critical headway at unsignalized intersections – literature review. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*. Vol. 12(1), pp. 61–77. (In Engl.).
21. Rodegerdts, L., Blogg, M., Wemple, E., Myers, E., et al. (2007) Roundabouts in the United States – NCHRP Report 572, *Transportation Research Board, Washington, D.C.* Available at: <https://nacto.org/docs/usdg/nchrp572.pdf> (accessed: 17.01.2023). (In Engl.).

22. Šarić, A, Lovrić, I. (2017) Multi-lane roundabout capacity evaluation. *Frontiers in Built Environment*. Vol. 3. Article 42, 12 p. (In Engl.).
23. Shaaban, K., Hamad, H. (2020) Critical Gap Comparison between One-, Two-, and Three-Lane Roundabouts in Qatar. *Sustainability*. Vol. 12(10), 4232 – 14 p. (In Engl.).
24. Tollazzi, T. (2015) Alternative Types of Roundabouts. An Informational Guide. *Springer Tracts on Transportation and Traffic*. Vol. 6, 206 p, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09084-9>. (In Engl.).
25. Vasconcelos, A. L. P., Seco, Á. J. M., Silva, A. M. C. B. (2013) Comparison of Procedures to Estimate Critical Headways at Roundabouts. *Promet- Traffic&Transportation*. Vol. 25. No. 1, pp. 43–53. (In Engl.).
26. Vikram, D., Agarwal, S. A. (2020) Methodology to Estimate Parameters of Critical Gap Distribution. *Transportation S. Research Procedia*. Vol.48, pp. 665–672. (In Engl.).
27. Wu, N., Brilon, W. (2017) Roundabout Capacity Based on conflict Technique. Paper presented at the 5th International Roundabout Conference Green Bay, TRB Committee on Roundabouts (ANB75), *Wisconsin*, May 8–10, 25 p. Available at: [http://teachamerica.com/RAB17/RAB17papers/RAB175C\\_BrilonPaper.pdf](http://teachamerica.com/RAB17/RAB17papers/RAB175C_BrilonPaper.pdf) (accessed: 17.01.2023).

**Информация об авторах:**

**Навруз Мирзоралимович Каримов**, аспирант, научная специальность 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия  
**ORCID ID:** 0000-0002-9607-4201, **AuthorID:** 1096003  
e-mail: newday-87@mail.ru

**Александр Юрьевич Михайлов**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия  
**ORCID ID:** 0000-0003-1946-0659, **AuthorID:** 385530, **Scopus Author ID:** 57193751842  
e-mail: 89148701840@mail.ru

**Вклад соавторов:**

**Каримов Н. М.** – 70%,  
**Михайлов А. Ю.** – 30%.

Статья поступила в редакцию: 10.04.2023; принята в печать: 31.07.2023.  
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Information about the authors:**

**Navruz Mirzorahimovich Karimov**, postgraduate student, scientific specialty 2.9.5 Operation of motor transport, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia  
**ORCID ID:** 0000-0002-9607-4201, **AuthorID:** 1096003  
e-mail: newday-87@mail.ru

**Alexander Yuryevich Mikhailov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of motor transport, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia  
**ORCID ID:** 0000-0003-1946-0659, **AuthorID:** 385530, **Scopus Author ID:** 57193751842  
e-mail: 89148701840@mail.ru

**Contribution of the authors:**

**Karimov N. M.** – 70%,  
**Mikhailov A. Yu.** – 30%.

The paper was submitted: 10.04.2023.  
Accepted for publication: 31.07.2023.  
The authors have read and approved the final manuscript.