This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

Research Article
ISSN 2304-6295
Received: December 11, 2022 *Accepted: December 21, 2022* *Published: December 28, 2022*

Roundabouts on the same level

Loginova, Olga Anatolevna[1]*
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering Kazan, Russian Federation; loginova@kgasu.ru

Correspondence:* email loginova@kgasu.ru; contact phone +79272430542

Keywords:

Roundabout; Design; Highways

Abstract:

The object of research is the junction of highways at the same level with its further transformation into a roundabout at the same level. The purpose of this work is to analyze the design standards for roundabouts designed according to domestic and foreign methods. The choice of the type of roundabout is based on the reduced traffic intensity calculated from the results of field measurements. **Method.** The traffic intensity is measured at characteristic points using a video camera. The values of the current intensity are reduced to the reduced intensity of vehicles per day. Using a nomogram to determine the type of intersection, a roundabout in one level is selected. **Results.** By designing roundabouts, it was found that with the same initial data - two traffic lanes, the estimated speed, differences were found only in the outer diameter of the roundabout. The width of the carriageway on the ring according to the considered methods has a slight difference of 0.7 m. The alignment of the plans of the ring intersections shows their identity.

1 Introduction

С каждым годом происходит рост количества автомобилей на дорогах нашей страны. Рост интенсивности движения приводит к необходимости проведения мероприятий по реконструкции существующей дорожной сети. Существующая дорожная сеть не всегда удовлетворяет текущим социально-экономическим потребностям, что в первую очередь связано с высокими темпами роста автомобилизации. Такой дисбаланс приводит к неравномерной загрузке дорог, что, в свою очередь, способствует росту дорожно-транспортных происшествий, особенно в местах с высокой интенсивностью движения, низкой пропускной способностью, на нерегулируемых пересечениях [1], [2].

Пересечение дорог в одном уровне не всегда удовлетворяют транспортно-эксплуатационным требованиям, в связи с недостаточной пропускной способностью. В этом случае на данных участках возникают затруднения движения транспортных средств, которые могут привести к созданию аварийной ситуации.

Для улучшения условий движения транспорта и уменьшения количества конфликтных точек можно реорганизовать схему проезда по перекрестку. Этот вариант предполагает наименьшие затраты, по сравнению со строительством пересечения в разных уровнях.

Наиболее опасным участком дорожной сети является обычное пересечение двух автомобильных дорог в одном уровне с двумя полосами движения. Такое пересечение насчитывает 32 конфликтные точки типа «автомобиль – автомобиль» и 24 точки типа «автомобиль – пешеход», где может произойти дорожно-транспортное происшествие [3], [6].

Статистика дорожно-транспортных происшествий показывает, что в среднем 18% всех дорожно-транспортных происшествий [4], [5] происходят именно на одноуровневых перекрестках дорог [6]. Возникновение дорожно-транспортных происшествий могут спровоцировать и плохие погодные условия [7], [8].

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

Пересечения в разных уровнях лучше всего отвечают требованиям и безопасности движения [9], [10], но строительство транспортных развязок в разных уровнях связано с большими экономическими затратами. Они эффективны при высоких интенсивностях движения на пересекающихся дорогах [11]. В соответствии с данными международной статистики [12], [13] переоборудование нерегулируемых пересечений в кольцевые пересечения [14] позволяет снизить аварийность на 40-80% [15], [16]. По данным «Методических рекомендаций по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог» переход к кольцевому пересечению в одном уровне позволяет значительно уменьшить число конфликтных точек. Так, количество точек типа «автомобиль – автомобиль» и «автомобиль – пешеход» снижается до 8 для каждого типа конфликтных точек.

Это способствует широкому распространению кольцевых пересечений. Кольцевые пересечения, имеющие приоритет движения по кольцевой проезжей части и некоторые особенностей проектирования геометрических элементов, которые позволяют обеспечивать проезд длинномерных транспортных средств, получили широкое применение в США [17], Канаде, большинстве стран Западной Европы [17], Израиле, Австралии, Новой Зеландии, Южной Африке [19]. Массовость применения кольцевых пересечений можно характеризовать следующими данными: в Великобритании насчитывается 5000 кольцевых пересечений; во Франции в конце 1994 г. насчитывалось около 12080 кольцевых пересечений, а в 2005 г. их численность составляла свыше 27000 пересечений. У зарубежных специалистов кольцевые пересечения получили популярность благодаря эффективному обеспечению безопасности движения [20]. Благодаря этому фактору эти пересечения наиболее распространены в зарубежных странах [21], [22].

За рубежом кольцевые пересечения относят к широкому классу круговых транспортных развязок. Ключевым фактором в зарубежной классификации является местоположение кольцевого пересечения, а также количество полос движения на кольцевом пересечении. Зарубежные кольцевые пересечения можно отнести к следующим типам: мини-кольцевое пересечение, пересечение в городских условиях и пересечение автомобильных дорог.

Мини-кольцевые пересечения применяются в условиях стесненной застройки и имеют диаметр кольца от 13 до 25 м. Диаметры кольцевых пересечений в городских условиях и за городом зависят от числа полос движения на кольце. Так в городских условиях при однополосном кольце диаметр может меняться от 25 до 40 м. При двухполосном кольце диаметр увеличивается с 45 до 55 м. Вне населенных пунктов диаметр кольца становится еще больше. Так однополосное кольцо за городом будет иметь диаметр от 35 до 40 м, а двухполосное кольцо будет меняться в пределах от 55 до 60 м.

В начале 70-х гг. 20 века кольцевые пересечения стали применяться в СССР, но широко распространения не получили [23]. С начала 2000-х годов были возобновлены отечественные исследования применения кольцевых пересечений [24], [25].

На основании отечественных исследований можно представить следующую классификацию кольцевых пересечений, которая зависит от диаметра кольца, расчетной скорости движения по кольцу и условий проектирования: мини-кольцевые пересечения, пересечения малого диаметра, пересечения среднего диаметра, пересечения большого диаметра.

Мини-кольцевые пересечения применяются для успокоения движения в городских условиях на улицах местного значения, имеют расчетную скорость движения 25 км/ч и диаметр кольца от 12 до 24 м.

Кольцевые пересечения малого диаметра применяются на улицах местного и районного значения, имеют расчетную скорость 25 км/ч, диаметр меняется от 24 до 30 м.

Кольцевые пересечения среднего диаметра могут применятся как в городских условиях, так и вне города. Расчетная скорость составляет 35-40 км/ч, диаметр кольца меняется от 30 до 50 м.

Кольцевые пересечения большого диаметра преимущественно применяются на автомобильных дорогах с расчетной скоростью движения по кольцу 40 – 50 км/ч, диаметр кольца меняется от 40 до 70 м.

Целью данной работы является сравнение результатов проектирования кольцевых пересечений в одном уровне на примере пересечения автомобильных дорог «Столбище-Атабаево» и «Аэропорт-Столбище» в Республике Татарстан. Научная новизна заключается в

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

анализе текущей интенсивности движения на рассматриваемом пересечении. Практическая значимость заключается в необходимости совершенствования условий движения с целью обеспечения быстрого и безопасного проезда по перекрестку.

2 Materials and Methods

На сегодняшний день методической базой для расчета и проектирования кольцевых пересечений на территории Российской Федерации является ОДМ 218.2.071-2016 «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог», утвержденные федеральным дорожным агентством в 2016 г. в котором классификация кольцевых пересечений в Российской Федерации определяется диаметром пересечения.

В качестве материалов исследования были использованы и зарубежные литературные источники по проектированию кольцевых пересечений. Основными зарубежными источниками для данного исследования выбраны, следующие труды: Florida Roundabout Guide [26], Mini roundabouts. Good practices guidance for transport [27]. Классификация кольцевых пересечений за рубежом основывается на количестве полос движения и месте расположения кольцевого пересечения.

Основным источником данных об интенсивности движения и транспортной ситуации на рассматриваемом участке являются результаты замеров интенсивности движения [28] и состава транспортных потоков [29], [30].

По результатам натурных замеров была получена информация об интенсивности движения, составе транспортных потоков, о существующем состоянии дорожного полотна, его геометрических параметрах, направлениях движения, распределение автомобилей по видам транспорта.

Исследование текущего состояния интенсивности проводилось для пересечения автомобильных дорог у села Столбище Республики Татарстан. Пересечение расположено на автомобильной дороги «Столбище-Атабаево» и представляет собой примыкание двух автомобильных дорог: первая - из села Столбише в село Атабаево и вторая: из села Столбище - в аэропорт Казань (рис. 1).

Рис. 1. - Вид исследуемого примыкания дорог
Цифры указывают направление потока движения
Fig. 1. - Type of road junction under study
The numbers indicate the direction of traffic flow

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

На сегодняшний день известны различные схемы пересечения дорог в одном уровне, которые зависят от интенсивности движения по главной и второстепенной дороге [31].

Для выполнения натурного исследования интенсивности транспортных потоков выбирались характерные точки.

Характерные точки выбирались исходя из следующих параметров:

- наличие въездов и выездов из населенных пунктов и объектов притяжения;
- наличие входящего и исходящего транспортного потока на исследуемом примыкании;
- распределение транспортных потоков по нескольким направлениям движения;
- наличие светофорных объектов, распределяющих транспортные потоки по нескольким направлениям;
- точки с затрудненным движением транспорта.

После выбора характерных точек был составлен план производства работ по измерению интенсивности движения транспортного потока. В него входит план с размещением характерных точек, в местах которых будет осуществляться измерение интенсивности движения (рис. 1), расписание измерений интенсивности транспортного потока по дате и времени.

Интенсивность движения замерялась с помощью видеокамеры. Это позволяет записывать изображение в формате, который дает возможность получить четкое изображение всего перекрестка, транспортных средств, маршруты их движения. До начала видеосъемки проводился анализ примыкания, с целью выявления возможности видеосъемки всего участка обследования одной или несколькими камерами.

3 Results and Discussion

Обработка результатов интенсивности движения проводилась по методике ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» с определением суточной, часовой и приведенной интенсивности. Результаты замеров интенсивности приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение транспортных средств по направлениям движения
Table 1. Distribution of vehicles by traffic directions

Рисунок	Описание	Вид	Количество транспортных средств по каждому направлению, шт.					
			1	2	3	4	5	6
	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	Легковые	67	165	54	96	117	197
	Двухосные грузовые автомобили	Грузовые от 2т до 6т	4	2	3	10	7	4
	Трехосные грузовые автомобили	Грузовые до 8т	6	5	5	7	12	4
	Четырехосные грузовые автомобили	Грузовые св. 14т		1	1	7	1	
	Четырехосные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т	1				1	
	Пятиосные автопоезда)	Автопоезда тяжелые св. 30т	2	1	1			
	Пятиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	2		1		2	

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

Рисунок	Описание	Вид	Количество транспортных средств по каждому направлению, шт.					
			1	2	3	4	5	6
	Пятиосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т				1	1	
	Шестиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	3	2	1			
	Автомобили с семью и более осями и др.	Автопоезда тяжелые св. 30т				1		
	Автобусы и троллейбусы	Автобусы	2	1	8	10	6	7
		Итого:	87	176	74	131	147	212

После подсчета натурных обследований, интенсивность движения автомобилей и ее распределение по направлениям было представлено в графической форме, в виде картограммы интенсивности движения автомобилей на пересечении (рис. 2). На картограмме показывают интенсивности движения на всех характерных участках кольцевого пересечения: на участках въезда и выезда; на участках кольцевой проезжей части между подходами к кольцевому пересечению. В этих сечениях суммируются интенсивности движения транспортных потоков, проходящих через данные сечения.

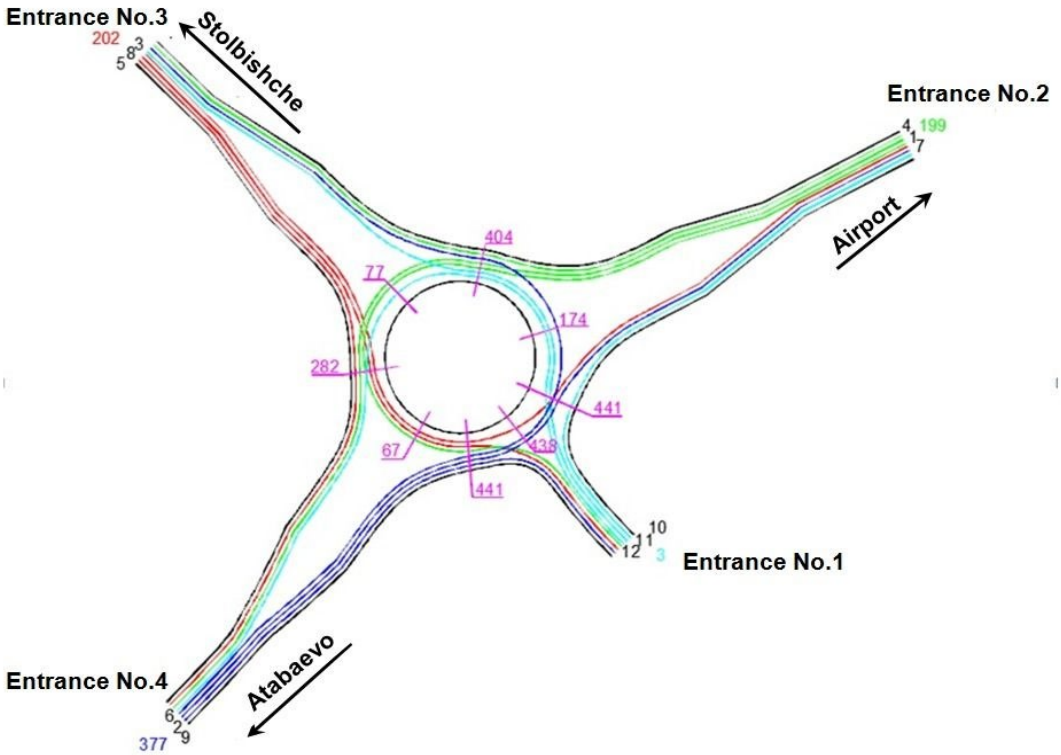


Рис. 2. Картограмма движения на кольцевом пересечении
Fig. 2. Cartogram of traffic at the roundabout

При установлении количества автомобилей смешанного транспортного потока, которое может быть пропущено по одной полосе движения, этот поток должен быть приведен по формуле (1) к однородному потоку легковых автомобилей с помощью переводных коэффициентов (табл. 2).

$$N = \sum \mathrm{N_i} \times \mathrm{a_i} \tag{1}$$

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

где N_i - часовые интенсивности i-х автомобилей, авт./час;
a_i - коэффициенты приведения i-х автомобилей к легковому автомобилю.

Таблица 2. Приведенная интенсивность движения
Table 2. Reduced traffic intensity

Рисунок	Описание	Вид	Количество транспортных средств по каждому направлению, шт.											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	Легковые	134	329	107	191	233	388	1	1	1	1	1	1
	Двухосные грузовые автомобили	Грузовые от 2т до 6т	8	3	6	19	14	8						
	Трехосные грузовые автомобили	Грузовые до 8т	6	5	5	7	12	4						
	Четырехосные грузовые автомобили	Грузовые св. 14т		1	1	7	1							
	Четырехосные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т	1				1							
	Пятиосные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	2	1	1									
	Трехосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т												
	Четырехосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т												
	Пятиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	2		1		2							
	Пятиосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т				1	1							
	Шестиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	3	2	1									
	Автомобили с семью и более осями и др.	Автопоезда тяжелые св. 30т				1								
	Автобусы и троллейбусы	Автобусы	2	1	8	10	6	7						
		Итого:	158	342	130	236	270	413	14	1	1	1	1	1

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

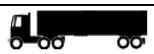
Для дальнейших расчетов интенсивности, обработанные подсчеты переводим в суточную интенсивность движения (табл. 3). В ОДМ 218.2.020-2012 для оценки суточной интенсивности на основе замеров часовой интенсивности движения необходимо учитывать неравномерность движения по направлениям.

При использовании данных, основывающихся на учёте часовой интенсивности движения в различные периоды года, обоснования мероприятий по организации движения, оценки уровня удобства движения, инженерных мероприятий по повышению безопасности движения и пропускной способности, за расчётную принимают часовую интенсивность движения. Суточная интенсивность движения рассчитывается по формуле:

$$N_c = N_ч / 0.076 \tag{2}$$

где $N_ч$ – часовая пиковая интенсивность движения в обоих направлениях, авт/час.

Таблица 3. Суточная интенсивность движения
Table 3. Daily traffic intensity

Рисунок	Описание	Вид	Количество транспортных средств по каждому направлению, шт.											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	Легковые	1764	4329	1408	2514	3066	5106	14	14	14	14	14	14
	Двухосные грузовые автомобили	Грузовые от 2т до 6т	158	66	119	382	277	158						
	Трехосные грузовые автомобили	Грузовые до 8т	145	119	119	172	290	93						
	Четырехосные грузовые автомобили	Грузовые св. 14т		27	27	185	27							
	Четырехосные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т	27				27							
	Пятиосные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	53	27	27									
	Трехосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т												
	Четырехосные седельные автопоезда	Автопоезда легкие до 20т												
	Пятиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	66		40		66							
	Пятиосные	Автопоезда				40	40							

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

Рисунок	Описание	Вид	Количество транспортных средств по каждому направлению, шт.											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	седельные автопоезда	легкие до 20т												
	Шестиосные седельные автопоезда	Автопоезда тяжелые св. 30т	132	79	40									
	Автомобили с семью и более осями и др.	Автопоезда тяжелые св. 30т				40								
	Автобусы и троллейбусы	Автобусы	79	40	316	395	237	277						
		Итого:	2424	4687	2096	3728	4030	5634	14	14	14	14	14	14

Наиболее загруженное направление - направление из села Столбище в сторону села Атабаево - 12683 прив. авт./сут. Менее загруженным направлением является направление из Аэропорта в сторону села Атабаево – 8000 прив. авт./сут. (рис. 1).

Тип возможного пересечения определялся по методике [31]. Номограмма позволяет определить тип будущего пересечения исходя из приведенных интенсивностей движения по главной и второстепенной дорогам. Исходя из номограммы, на обследуемом участке можно запроектировать кольцевое пересечение. Так как строительство транспортных развязок экономически затратно, то предлагается ее строить в два этапа. На первом этапе построить кольцевое пересечение в одном уровне, а на втором этапе строительства перейти к транспортной развязке в двух уровнях. При этом необходимо учитывать, строительную стоимость пересечения, затраты на ремонт и содержание, эксплуатационные и автотранспортные расходы по каждому варианту, потери от дорожно-транспортных происшествий, затраты, связанные с изъятием земельных угодий и мероприятий по охране окружающей среды.

Геометрические параметры кольцевого пересечения в одном уровне проектировалось по ОДМ 218.2.071-2016. В соответствии с приведенной интенсивностью реконструируемые дороги относятся ко II технической категории. По «Методическим рекомендациям по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (табл. 4.7) определялся тип кольцевого пересечения. В данном случае выбираем кольцевое пересечение большого диаметра. Диаметр может быть принят от 50 до 70 м. Для обеспечения постоянной и одинаковой скорости для транспортных потоков всех направлений при движении по кольцу был принят центральный островок, имеющий форму окружности с диаметром 50.0 м.

Вторым основным геометрическим параметром является ширина проезжей части кольца (табл. 4), которая зависит от типа и количества полос кольцевого пересечения. На кольце принята ширина полосы движения – 4.9 м, ширина проезжей части – 9.8 м. Транспортная развязка имеет 4 съезда: в н.п. Столбище, н.п. Атабаево, аэропорт (основное направление), аэропорт (второстепенный проезд). На съезде в аэропорт (второстепенный проезд) на въезде и выезде принята ширина полосы движения по параметрам дороги IV технической категории – 3.0 м, на остальных съездах: на въезде ширина полосы движения принята 4.5 м и ширина проезжей части 4.5-9.0 м, на выезде – 5.5 м и ширина проезжей части – 5.5-11.0 м.

Между внешней кромкой кольцевой проезжей части и обочиной или бортовым камнем для обеспечения проезда крупногабаритных грузовых автомобилей предусматривают краевую полосу кольцевой проезжей части шириной 0.6 м. Расчетная скорость составила 50 км/ч.

Для определения геометрических параметров по руководству «Florida Roundabout Guide» [26] необходимо определить тип пересечения. В соответствии с классификацией транспортная развязка в одном уровне относится к двухполосному кольцу вне населенного пункта.

Проектирование геометрии двухполосных кольцевых развязок является более сложным. Поскольку несколько потоков трафика могут входить, проходить через кольцевую развязку и выходить из нее, необходимо учитывать, как эти смежные потоки трафика взаимодействуют друг с другом. Транспортные средства на соседних полосах въезда должны иметь возможность

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

преодолевать геометрию кольцевой развязки, не конкурируя за одно и то же пространство. В противном случае могут возникнуть проблемы с эксплуатацией и безопасностью.

На основании этого можно определить основные геометрические параметры. Для данного типа пересечения диапазон диаметров внешней кромки от 55.0 до 60.0 метров.

Требуемая ширина проезжей части с круговым движением определяется исходя из ширины въездов. Как правило, она всегда должна быть такой же ширины, как и максимальная ширина входа, и должна оставаться постоянной на протяжении всего кругового движения.

Ширина въезда является основным фактором, определяющим пропускную способность кольцевой развязки. Чтобы обеспечить максимальную безопасность кольцевой развязки, ширина въезда должна быть сведена к минимуму. Ширина въезда и ширина проезжей части предполагают компромисс между пропускной способностью и безопасностью. Конструкция должна обеспечивать минимальную ширину, необходимую для вместимости и размещения проектируемого транспортного средства, чтобы поддерживать наивысший уровень безопасности. Типичная ширина въезда для однополосных въездов колеблется от 4,3 до 4,9 м.

Между внешним краем колеи шины транспортного средства и линией бордюра должен быть предусмотрен минимальный зазор 0,6 м.

После установления диаметра внешней кромки ширины проезжей части, определяется размер центрального островка, так как его диаметр полностью зависит от диаметра вписанного круга и требуемой ширины проезжей части. Как было рассмотрено в первой главе, он должен иметь круглую форму. Центральный островок всегда должен быть приподнят, а не опущен, так как приближающимся водителям трудно распознать опущенные островки. Центральная часть островка круглой формы с кольцевой дорогой постоянного радиуса помогает поддерживать постоянную скорость вокруг центрального островка.

Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4. Расчетные характеристики кольцевого пересечения
Table 4. Design characteristics of the ring intersection

Тип кольцевого пересечения	Расчетная скорость, км/час	Количество полос движения на кольце	Диаметр внешний кромки кольцевой проезжей части, м	Ширина кольцевой проезжей части, м
ОДМ 218.2.071-2016 Кольцевое пересечение большого диаметра	50	2	70	9.8
Florida Roundabout Guide Двухполосное кольцо вне населенного пункта	50	2	60	9.1

В соответствии с выше рассматриваемыми нормативами диаметр кольца составляет 70 м по отечественной методике и 60 м по Руководству [26]. Ширина проезжей части в российских нормах составляет 9.8 м, в зарубежных нормах – 9.1 м. Переходно-скоростные полосы, рассчитанные по методикам Российской Федерации и США имеют одинаковую длину равную 40 м.

4 Conclusions

В результате проведенного исследования доказана, идентичность рассматриваемых методик расчета кольцевых пересечений в одном уровне.

References

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

1. Lipnitsky, A.S. (2009) Investigation of the effectiveness of the use of mini-rings and compact rings in the organization of traffic. *Bulletin of IrST,* **3**, 57-61. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-primeneniya-mini-kolets-i-kompaktnyh-kolets-pri-organizatsii-dorozhnogo-dvizheniya (date of application: 15.09.2022).
2. Loginova, O.A. and Nikolaeva, R.V. (2020). Intersections at different levels - an alternative solution to the development of the road network. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 786. 012068. https://doi.org/10.1088/1757-899X/786/1/012068.
3. Gnjatović, N. (2021). Roundabouts - drivers' attitudes about the way of moving in two-lane roundabouts. *Put i saobraćaj,* **67**, 53-60. https://doi.org/10.31075/PIS.67.02.06.
4. Nikolaeva, R.V. and Talipov, T.I. (2019) Ensuring road safety at the stage of designing highways. *Technique and technology of transport*, **1(10)**, 8. URL: http://transport-kgasu.ru/files/N10-08BDD119.pdf (date of application: 20.05.2022).
5. Vetrogon, A.A. and Kripak M.N. and Druzhinina, M.V. (2021) Designing ring intersections with different priorities of traffic directions taking into account the distribution of traffic flows? *Modern technologies. System analysis. Modeling,* **4(72)**, 132-142. https://doi.org/10.26731/1813-9108.2021.4(72).132-142.
6. Heah, Y. and Hoe, Y. (2022). Modeling of Traffic Flow on Roundabouts. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **18**. 343-366. https://doi.org/10.11113/mjfas.v18n3.2422/.
7. Loginova, O.A. and Azarevich, E.N. (2020) Improving the organization of drainage on the street and road network of Kazan. *News KSUAE,* ***4*(54),** 112-120. URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/4_2020/112_120_Loginova_Azarevich.pdf (date of application: 20.05.2022).
8. Petropavlovskikh, O.K. and Ibragimova, A.A. and Sadykov, R.R. and Galiev, A.R. and Gubaidullin, R.F. (2022) Improving the drainage system from the bridge deck of road bridges, *News KSUAE*, **1(59)**, 113-125. https://doi.org/10.52409/20731523_2022_1_113.
9. Han, I. (2022). Safety analysis of roundabouts and avoidance of conflicts for intersection-advanced driver assistance systems. *Cogent Engineering*, **9**. https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2112813.
10. Gbologah, F. and Guin, A. and Rodgers, M. (2019). Safety Evaluation of Roundabouts in Georgia. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673. 036119811984326. https://doi.org/10.1177/0361198119843265
11. Rella Riccardi, M. and Augeri, M. and Galante, F. and Mauriello, F. and Nicolosi, V. and Montella, A. (2022). Safety Index for evaluation of urban roundabouts. *Accident Analysis & Prevention,* **178**, 106858. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106858.
12. Džambas, T. and Dragčević, V. and Benci, D. (2020). Modern suburban roundabouts in Croatia - flower and turbo roundabouts. *Scientific Journal of Civil Engineering*, **9**, 9-14. https://doi.org/10.55302/SJCE2092009dz.
13. Davidović, S. and Bogdanović, V. and Garunović, N. and Papic, Z. and Pamucar, D. (2021). Research on Speeds at Roundabouts for the Needs of Sustainable Traffic Management. Sustainability. 13. 399. https://doi.org/10.3390/su13010399.
14. Alshannaq, M. and Imam, R. (2020). Evaluating the Safety Performance of Roundabouts. *Transport Problems*, **15**, 141-152. https://doi.org/10.21307/tp-2020-013.
15. Nemchinov, D.M. and Mikhailov, A.U. and Kostsov, A.V. and Martiyahin, D.S. (2019) Determining the critical headways by observation the roundabout's traffic flows in Russian Federation. Information technologies and Innovations in Transport: Materials of the 4th International Scientific and Practical Conference, Orel, May 15-16, 2018. Edited by A.N. Novikov, 33-38. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41875513_35444009.pdf (date of application: 19.05.2022).
16. Rashed, O. and Imam, R. (2020) A Functional and Operational Comparison between Signalized and Unsignalized Roundabouts. *International Journal of Engineering Research and Technology,* **13**. https://doi.org/10.37624/IJERT/13.6.2020.1448-1454.
17. Roundabouts: An Informational Guide. (2000) Federal Highway Administration. Publication No FHWA–RD-00-67, 277. URL: https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00067/00067.pdf (date of application: 19.05.2022).

This publication is licensed under a CC BY-NC 4.0

18. Schoon, C., and Van Minnen, J. (1994) The safety of roundabouts in the Netherlands. *Traffic Engineering and Control*, **35,** 142 -148. URL: https://www.researchgate.net/publication/281256464_Safety_of_roundabouts_in_The_Netherlands/citation/download (date of application: 19.05.2022).
19. Hoffmann, S. (2008) Die neuen Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06). Tagung der Fachgruppe Verkehr im Verband Beratender Ingenieure (VBI), Wiesbaden. URL: https://www.tu-braunschweig.de/en/ivs/institut/team/hoffmann (date of application: 17.02.2022).
20. Pratelli, A., and Brocchini, L. (2022). Two-Geometry Roundabouts: Estimation of Capacity. *Transportation Research Procedia*, **64**, 232-239. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.028.
21. Mao, C., and Wang, Q. and Xu, W. and Cheng, X. and Yang, S. and Li, P. (2022). Combined Phase Design Model for Multileg Roundabout Intersections. *Journal of Advanced Transportation,* 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/8946794.
22. Shaaban, K. (2021). Safety of Roundabouts. International Encyclopedia of Transportation. 539-548. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102671-7.10177-0.
23. Vitolin, S.V. (2019) Analysis of the experience of using ring intersections in comparison with regulated intersections. *Bulletin of the Siberian State University of Railways,* **3(50)**, 5-13. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-primeneniya-koltsevyh-peresecheniy-v-sravnenii-s-reguliruemymi-perekrestkami (date of application: 08/15/2022).
24. Javadov, A.A. and Komarov, Yu.Ya. and Groshev, I.Yu. (2015) The main stages of the development of ring intersections. *Young scientist,* **23(103)**, 131-133. URL: https://moluch.ru/archive/103/24077/ (date of application: 26.01.2022).
25. Yelugachev, P.A. and Yelugachev, M.A. (2015) Investigation of the variety of schemes and standards of ring intersections at different levels. *CAD and GIS of highways*, **1(4)**, 60-63. https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.1.7.
26. Florida Department of Transportation. *Florida Roundabout Guide*. Florida Department of Transportation. (2008). URL: https://nap.nationalacademies.org/read/22914/chapter/13 (date of application: 08/04/2022).
27. Mini roundabouts. Good practices guidance for transport. (2006) Department for transport UK. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/561491/mini-roundabouts-report.pdf (date of application: 08/08/2022).
28. Leich, A. and Fuchs, J. and Srinivas, G. and Niemeijer, J. and Wagner, P. (2022) Traffic Safety at German Roundabouts. *Safety*, **8**, 50. https://doi.org/10.3390/safety8030050.
29. Duan, P. and Huang, L. and Lv, Y. (2022) A Novel Modeling and Scheduling Method for Modern Roundabouts. *IFAC-PapersOnLine*, **55,** 108-112. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.05.019.
30. Petrů, J. and Krivda, V. (2021) An Analysis of Turbo Roundabouts from the Perspective of Sustainability of Road Transportation. *Sustainability*, **13**, 2119. https://doi.org/10.3390/su13042119.
31. Methodological guidelines for the design of ring intersections of highways. (1980) Moscow, Transport publishing house, 78. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293839/4293839472.pdf (date of application: 08/08/2022).