

Компактные кольцевые пересечения – возможности применения и особенности проектирования

Липницкий Алексей Сергеевич, аспирант, Михайлов Александр Юрьевич д.т.н. проф.

Современные кольцевые пересечения и сфера их применения

В декабре 2008 г. в «Мире дорог» была опубликована статья «Эффективность применения мини-кольцевых пересечений». В новой статье мы хотим более подробно рассмотреть два типа современных кольцевых пересечений: мини-кольца и компактные кольца. В зарубежной специальной литературе термином «современные кольцевые пересечения» (modern roundabouts) обозначаются кольцевые пересечения малого и среднего диаметра, имеющие приоритет движения по кольцевой проезжей части и целый ряд особенностей проектирования геометрических элементов.

Следует особо подчеркнуть, что современные кольцевые пересечения применяются на улицах с низкой или умеренной интенсивностью движения (рис.1).

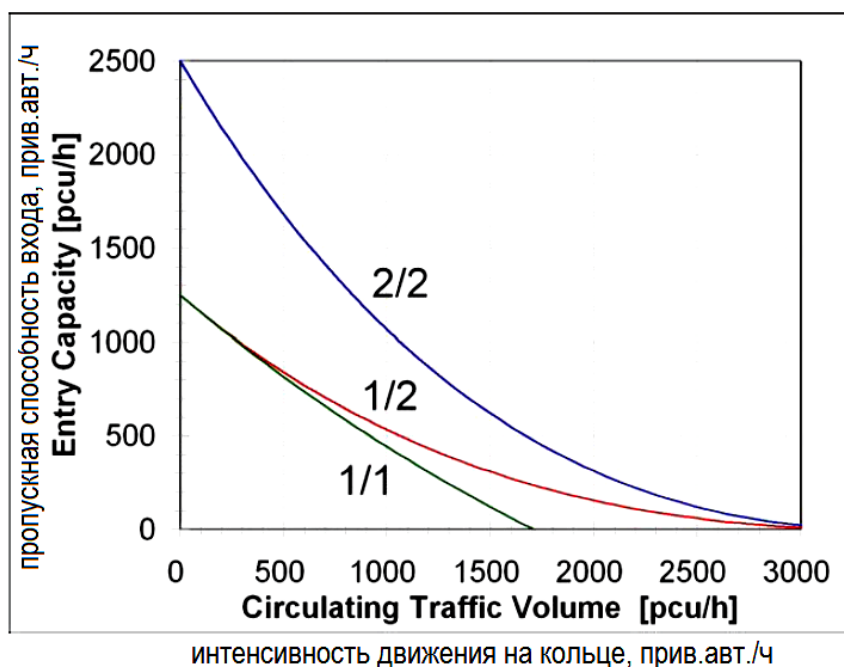


Рис. 1. Пропускная способность входов на кольцевые пересечения германского руководства HBS [2]. Цифры указывают – количество полос на входе на кольцо/количество полос на кольце

Причина популярности этих пересечений у зарубежных специалистов – очень высокая эффективность современных кольцевых пересечений как средства обеспечения безопасности движения, наблюдаемое при их применении снижение аварийности составляет 40-80%. При этом одной из составляющих снижения уровня аварийности является безопасность

движения пешеходов. Наибольшее распространение получили мини-кольца и компактные кольца (рис. 2), применяемые вместо нерегулируемых пересечений на местной улично-дорожной сети.



Рис. 2. Современные кольцевые пересечения в Сержи-Понтуаз (Парижская агломерация): а – мини-кольцо на жилой улице, центральный островок выделен разметкой; б – компактное кольцевое пересечение на территории общественно-торгового центра, вокруг островка устроена краевая полоса, выполненная мощением

Мини кольца

Особенности проектирования и применения современных мини-колец очень подробно представлены в руководствах Великобритании [4,10-12]. К мини-кольцам относят пересечения и примыкания, радиус центрального островка которых, не превышает 4 м (рис. 3 и 4). При этом центральный островок не обустраивается бортовым камнем. Департамент Транспорта Великобритании дает следующее определение термина мини-кольцо (**mini-roundabout**) [4]: «...Мини-кольцо является типом организации движения на

пересечении, на котором транспортные средства движутся вокруг белой круговой разметки (центрального островка), имеющей диаметр от 1 до 4 м...». Правилами движения разрешается пересекать островок длинномерным транспортным средствам (автобусам, грузовикам и автопоездам).

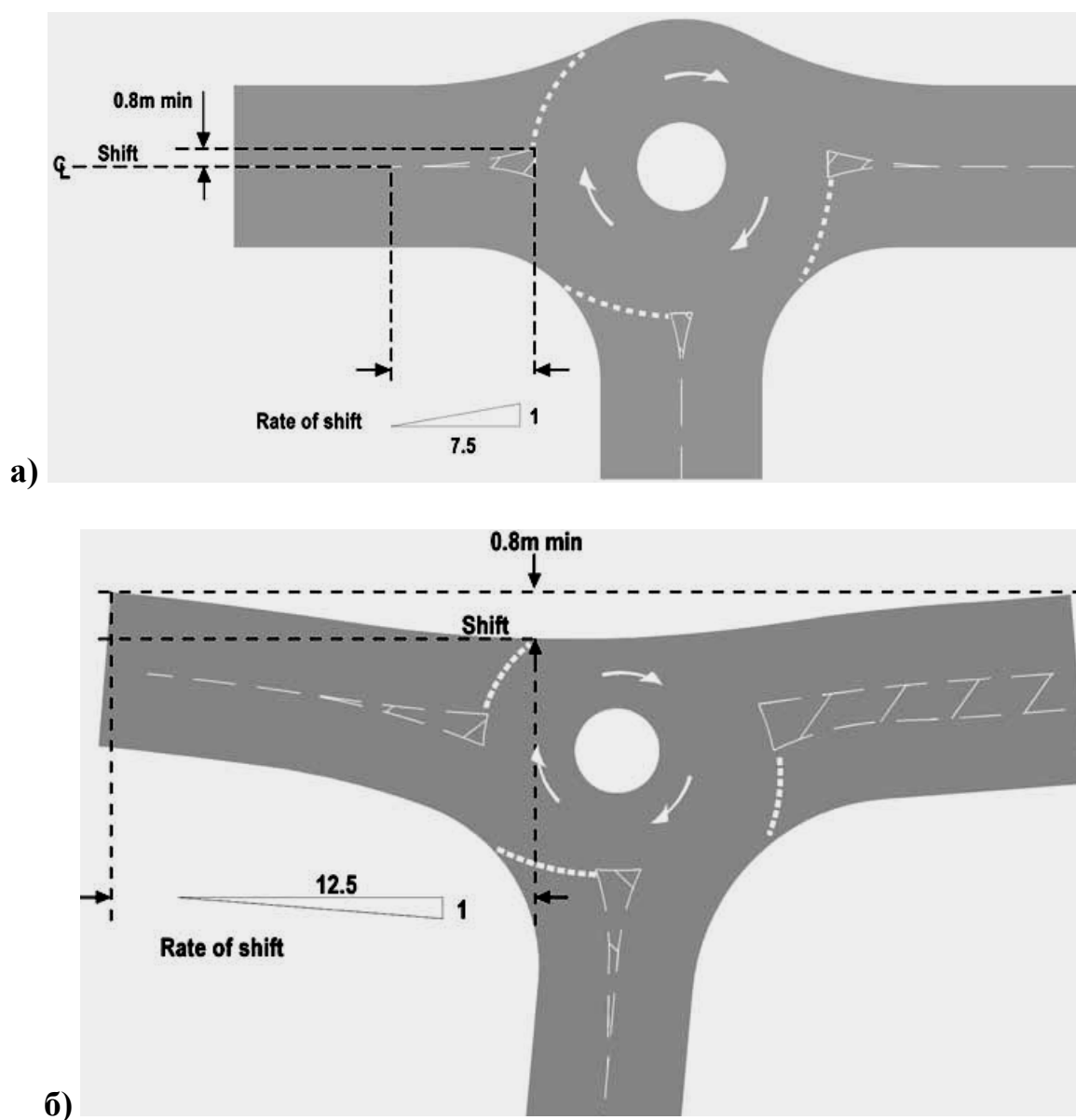


Рис. 3. Мини-кольца в Великобритании: а – кольцо с смещением во внешнюю сторону (минимальный сдвиг оси входа на пересечение $q=0,8$ м); б – кольцо «со смещение во внутрь» (рекомендуемый сдвиг линии бортового камня – 0,8 м)

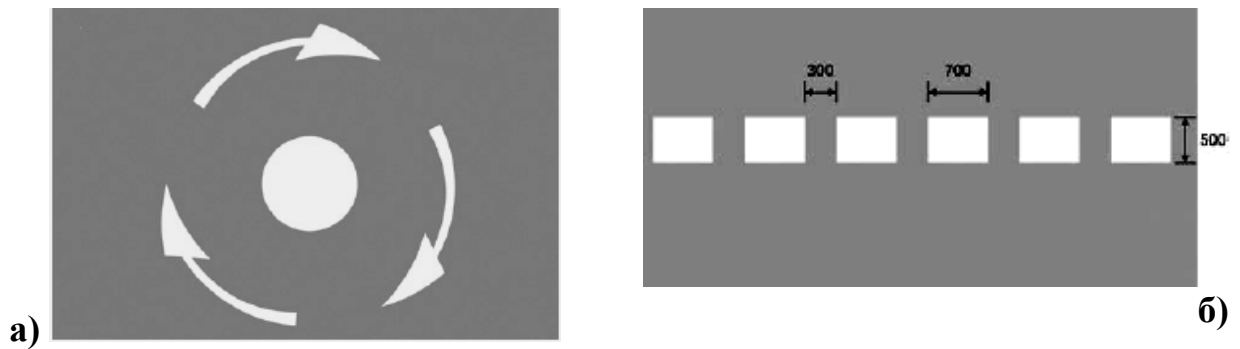


Рис. 4. Дорожные разметка, применяемая в Великобритании на мини-кольцах: а – центральный островок и направление движения – разметка **TSRGD 1003.4**; б – стоп линия – разметка **TSRGD 1003.3**

Мини-кольцевые пересечения рассматриваются как эффективный прием организации движения, применимый в широком диапазоне условий (т.е. жилые, коммерческие и торговые территории). Рекомендуется применять мини-кольца с четырьмя подходами в условиях, когда суммарная интенсивность движения на всех входах на кольцо в час пик не превышает 500 авт/ч [4].

Мини-кольцевые пересечения не должны применяться [4]:

- магистральных дорогах;
- на улицах и дорогах с разделительной полосой;
- для обеспечения непосредственно доступа к территории и с нее (direct access);
- когда интенсивность второстепенных потоков составляет 10-15% от интенсивности главного направления.

Не рекомендуется устраивать мини-кольца на улицах, ведущих к промышленным и складским территориям, на улицах, обслуживающих автобусные маршруты. При этом запрещается устраивать мини-кольца на узлах, имеющих пять и более подходов.

Размеры мини колец и их низкая стоимость позволяют широко применять их на местной улично-дорожной сети, что, безусловно, является большим достоинством. Вместе с тем в Российской Федерации нет опыта эксплуатации мини-колец, центральный островок которых выделяется дорожной разметкой, и внедрение таких пересечений может сопровождаться нарушениями правил движения. Поэтому полагаем, что наибольший интерес для российской практики представляют компактные кольцевые пересечения, которые имеют незначительные габариты, но при их этом центральный островок выделяется бортовым камнем, что важно в условиях низкой дисциплины водителей.

Компактные кольцевые пересечения

В Великобритании и США пересечения, классифицируемые как компактные кольца (**Compact Roundabout**) имеют:

- по одной полосе движения на входах и выходах;
- одну-две полосы движения на кольцевой проезжей части.

Этот тип пересечений имеет меньшую пропускную способность, чем нормальные кольцевые пересечения, но обеспечивают более удобные условия движения для пешеходов. В Англии они применяются на улицах с разрешаемой скоростью движения до 40 миль/ч (74 км/ч).

В качестве достоинств компактных колец отметим следующее:

- компактные кольца могут размещаться в габаритах красных линий на магистральных улицах районного значения, имеющих две полосы движения и на местных улицах (рис. 5 и 6);
- применяемые конструкции центральных островков компактных колец (Англия, Германия, США, Франция) предусматривают движение длинномерных транспортных средств, центральный островок включает наклонную краевую полосу шириной 1-2 м, на которую заезжают грузовые автомобили и автобусы (рис. 5,7,8).

Геометрические особенности компактных кольцевых пересечений

В американских нормах (Roundabouts: An Informational Guide, FHWA–RD-00-67) городские компактные пересечения имеют следующие параметры:

- расчетная скорость движения – 25 км/ч;
- внешний диаметр – до 25-30 м;
- суточная интенсивность движения – до 15 000 авт/сутки.

Пример геометрической компоновки компактного пересечения представлен на рис. 5. В данном примере внешний диаметр кольцевой проезжей части составляет 30 м, соответственно при устройстве компактного кольцевого пересечения не требуется значительной дополнительной территории по сравнению с обычными перекрестками (рис. 6).

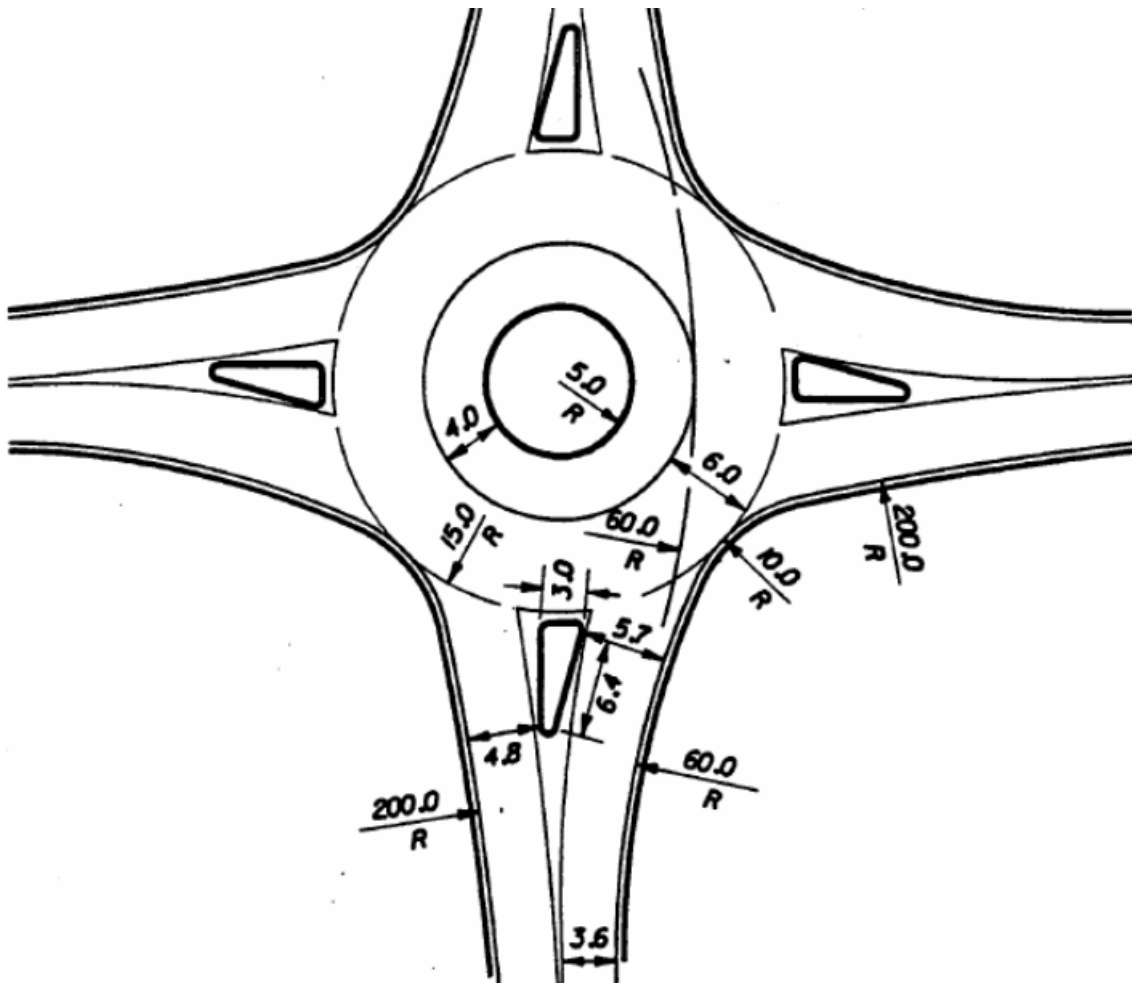


Рис. 5 Минимальные геометрические размеры (м) компактного кольцевого пересечения (Руководство - FLORIDA ROUNDABOUT GUIDE). Геометрические параметры: радиус центрального островка – 5 м; ширина апрона – 4 м; ширина входа на кольцевую проезжую часть – 5,7 м; радиус закругления правой кромки на входе на кольцевую проезжую часть (у стоп-линии) – 10 м; ширина кольцевой проезжей части – 6 м; внешний радиус (радиус вписывания – 15 м)

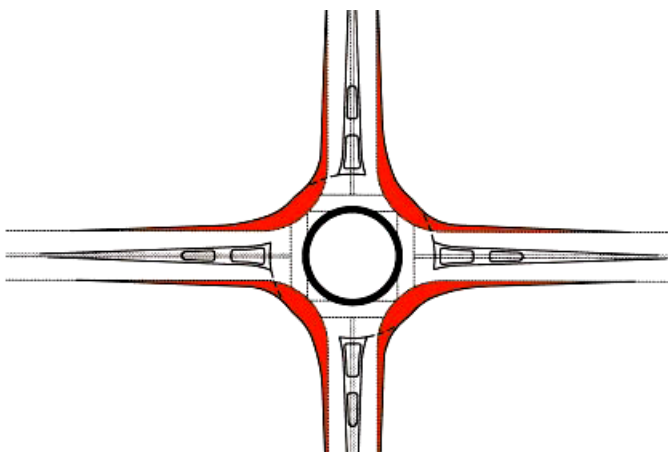


Рис. 6. Сравнение территории компактного кольца и регулируемого пересечения (Roundabouts: An Informational Guide, FHWA–RD-00-67). Превышение территории компактного кольца выделено коричневым цветом

Элементы планировки и обустройства современных кольцевых пересечений представлены на рис. 7. Отметим три самые важные детали:

- на кольцевых пересечениях малого и среднего диаметра центральный островок имеет наклонную укрепленную краевую полосу (в США - **apron, truck apron**; в Великобритании – **central overrun area**), предназначенную для движения длинномерных транспортных средств (рис. 7);
- в случаях наличия пешеходного движения устраиваются разделительные островки независимо от количества полос движения на примыкающих улицах;
- пешеходные переходы размещаются со смещением от кольца, что улучшает условия движения транспорта, поскольку выходящие с кольца транспортные средства пропускают пешеходов, не занимая при этом кольцевую проезжую часть.



Рис. 7. Элементы планировки и обустройства современного кольцевого пересечения (Roundabout Design Standards. City of Colorado Springs 2005 г. [8]): 1- приподнятый центральный островок; 2 – апрон (apron, truck apron); 3 – кольцевая проезжая часть; 4 – вход на кольцевое пересечение с стоп-линей (разметкой yield); 5 – приподнятый разделительный островок (splitter island); 6 – пешеходный переход (в одном уровне с проезжей частью); 7 – ландшафтный

буфер (landscape buffer), разделяющий пешеходный тротуар и кольцевую проезжую часть

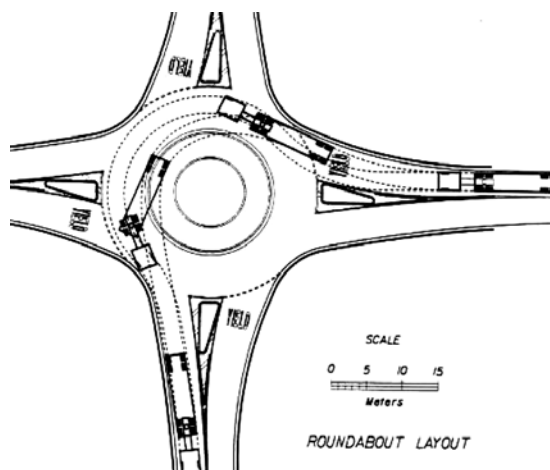


Рис. 8. Применение апрона – краевой наклонной полосы позволяет обеспечивать движение длинномерных транспортных средств (источники <http://www.wsdot.wa.gov/Projects/roundabouts/benefits.htm> и Florida Roundabout Guide)

Предложения по применению планировочных решений и элементов обустройства современных колец (приподнятые разделительные островки, апроны в составе центральных островков) могут вызывать отрицательную реакцию части российских специалистов. Это прослеживается в оценке возможности применения в нашей стране приподнятых канализирующих островков, когда оппоненты в качестве аргументов указывают особые климатические условия (зимняя эксплуатация, требования очистки от снега). Поэтому подчеркиваем, что апроны широко применяются США и Канаде и в районах с продолжительным снежным периодом, с чем можно ознакомиться на сайте <http://www.alaskaroundabouts.com>.

Рекомендуемая методика расчета пропускной способности задержек

Проектирование предполагает как обязательный элемент расчет пропускной способности и задержек.

В современной практике проектирования кольцевых пересечений выбор моделей расчета пропускной способности и задержек осуществляется в зависимости от типа принимаемого распределения интервалов в потоке на кольцевой проезжей части [3,9]. Используются три распределения: отрицательное экспоненциальное; экспоненциальное смещенное; дихотомическое распределение. Последнее из распределений применяется случаях, когда в потоке появляется связанное движение (т.е. пачки), что характерно для участков УДС в зоне регулируемых пересечений. С целью определить типы распределений интервалов нами было обследовано 22 нерегулируемых и кольцевых пересечения в г. Иркутске (2008 г.).

По результатам выполненных обследований для городских условий движения следует применять дихотомическое распределение

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_m, \\ \alpha \lambda e^{-\lambda(t-t_m)}, & \text{если } t \geq t_m, \end{cases} \quad (1)$$

где $f(t)$ – плотность распределения интервалов в потоке; α – доля свободной части транспортного потока, определяемый как $\alpha = 1 - \theta$, θ – доля автомобилей в пачках; λ – параметр распределения, определяемый формулой (2); t_m – параметр смещения экспоненциального распределения, т.е. минимальный интервал между транспортными средствами в потоке главного направления, с.

Параметр λ распределения (1) определяется как

$$\lambda = \frac{(1-\theta)q_p}{1-t_m q_p} = \frac{\alpha q_p}{1-t_m q_p}. \quad (2)$$

где q_p – интенсивность движения на главном направлении, т.е. кольцевой проезжей части, авт/с

Кроме использования непосредственного обследования потоков, оценить необходимое для расчетов значение параметра α (например, когда проектируется новое пересечение) можно с помощью формулы Брилона (W.Brilon) [1,2]

$$\alpha = e^{-Aq_p}; \quad (3)$$

где A – параметр, определяемый экспериментально и имеющий значения от 6 до 9.

Основываясь на результатах выполненных нами наблюдений за интервалами в потоках, мы рекомендуем применять следующие значения параметров (табл. 1)

Таблица 1

Установленные значения параметров дихотомического распределения

Параметр	Характер поступления транспортных средств к перекрестку	
	Случайное	Наличие пачек в потоке
A	2	4
$t_m, \text{ с}$	1,5	1,8

Пропускная способность входа на компактное кольцевое пересечение рассчитывается по формуле, которую для случая применения дихотомического распределения предложил Troutbeck R.J. [9]

$$Q_e = \frac{3600(1-\theta)q_p e^{-\lambda(t_c-t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}} = \frac{3600 \alpha q_p e^{-\lambda(t_c-t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}} \quad (4)$$

где Q_e – пропускная способность второстепенного направления на пересечении, авт/ч; θ – доля связанной части потока главного направления (доля транспортных средств в пачках); q_p – интенсивность движения на главном направлении, авт/с; t_c – критический интервал, с; λ – параметр

распределения интервалов в главном потоке (2); t_m – минимальный интервал между транспортными средствами главного потока, с; t_f – интервал следования из очереди второстепенного потока, с

Кроме того Troutbeck R.J. скорректировал модель расчета задержки Адамса (Adams delay) средней задержки транспортных средств второстепенного потока при очень низкой его интенсивности d_{\min} и предложил следующую методику расчета средней задержки d

$$d = d_{\min} + \frac{3600kx}{(1-x)}; \quad (6)$$

$$d_{\min} = \frac{e^{\lambda(t_c - t_m)}}{Q_e \alpha} - t_c - \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda t_m^2 - 2t_m + 2t_m \alpha}{2(t_m \alpha + \alpha)}; \quad k = d_{\min} Q_e / 3600,$$

где x – коэффициент насыщения в заданный период времени, (т.е. отношение интенсивности на входе q_m к пропускной способности Q_e).

По результатам обследований рекомендуем использовать в формулах (1-6) следующие значения параметров:

критический интервал при въезде на кольцо t_c - 4,8 с;

интервал следования из очереди на входе на кольцо - 2,0 с.

По результатам моделирования компактных кольцевых пересечений с использованием параметров транспортных потоков, полученных в результате исследований, компактные кольцевые пересечения обладают суммарной пропускной способностью до 2100 – 2300 авт/ч.

Литература

1. Brilon W. Roundabouts : A State of the Art in Germany. National Roundabout Conference, Vail, Colorado; May 22 – 25, 2005, 16 p.
2. Brilon W, Vendhey M. Roundabouts – The State of the Art in Germany, ITE Journal, November 1998, 48-54.
3. Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections// Finnra Reports, 2004, 214 p.
4. Mini roundabouts. Good practices guidance. UK Department for transport. 27 November 2006 53 p/
5. NCHRP Report 572. Roundabouts in the United States//Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. 2007, 125 p.
6. NCHRP Synthesis 264. Modern Roundabout Practice in the United States A Synthesis of Highway Practice //Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. 1998, 82 p.
7. Roundabouts: An Informational Guide// Federal Highway Administration. Publication No FHWA–RD-00-67. June 2000, 277 p.
8. Roundabout Design Standards//City of Colorado Springs. Transportation Engineering, 2005. 22 p.

9. Taekratok T. Modern roundabouts for Oregon//Oregon. Oregon Department of Transportation, 1998. - 124 p
10. TD 16/07. Geometric Design of Rounabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions 2007, 51 p.
11. TD 16/93. Geometric Design of Rounabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions, 1993, 61 p.
12. TD 54/07. Design of Mini-roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions, 2007. 31 p.