

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПУТЕМ УСТРОЙСТВА КОЛЬЦЕВЫХ РАЗВЯЗОК

ENHANCING ROAD SAFETY ON PUBLIC MOTOR ROADS OF THE REPUBLIC OF BELARUS BY ARRANGING TRAFFIC CIRCLES

В. А. Грабауров, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

Г. М. Кухаренок, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

В. Н. Кузьменко, научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

А. Г. Рыбинский, начальник лаборатории республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь

В статье рассмотрены вопросы повышения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования путем устройства кольцевых развязок. Рассмотрены недостатки и преимущества кольцевых развязок, даны рекомендации по их проектированию в зависимости от параметров транспортных потоков и условий движения.

The article deals with issues of traffic safety enhancement on public motor roads by arranging traffic circles. Drawbacks and advantages of traffic circles are considered, recommendations for their design are given depending on traffic stream parameters and traffic conditions.

ВВЕДЕНИЕ

В 2011 году на автомобильных дорогах общего пользования зарегистрировано 2817 аварий с пострадавшими, в результате которых погибли 919 человек и получили ранения 3034 человека. Наблюдался рост показателя смертельного травматизма на республиканских дорогах на 15,6 %, причем на магистральных дорогах этот показатель вырос на 29,4 %. На магистральных дорогах количество постра-

давших на 100 ДТП выросло на 10,9 %, на прочих республиканских дорогах рост составил 2,9 %. Показатель тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах общего пользования увеличился на 4,5 %. Необходимо отметить, что наибольшее число ДТП на дорогах общего пользования (при исследовании распределения аварий по элементам дорог) наблюдается на нерегулируемых перекрестках [1].

В связи с вышеизложенным назрела необходимость снижения тяжести последствий и числа дорожно-транспортных происшествий на перекрестках дорог общего пользования.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПУТЕМ УСТРОЙСТВА КОЛЬЦЕВЫХ РАЗВЯЗОК

Перекрестки с круговым движением занимают промежуточное положение между нерегулируемыми и регулируемыми перекрестками и являются саморегулируемыми [2]. Их устройство снижает количество аварий с пострадавшими до 50 % по сравнению с перекрестками стандартной конфигурации (причем неважно с наличием или без светофорного регулирования) [3–7], а также резко сокраща-

ет количество конфликтных точек (остаются лишь менее опасные конфликтные точки «слияния» и «отклонения»), ликвидирует конфликтные зоны, в которых происходят наиболее тяжелые аварии (столкновения), за счет центрального островка. Правильно спроектированная развязка с круговым движением практически полностью исключает наличие тяжелых аварий с пострадавшими (как показывает практика, таких аварий совершается не более 1–3 в год).

Также необходимо отметить, что схема кругового движения обеспечивает большую пропускную способность перекрестка, чем обычные. Реализация свойства саморегулирования, присущего круговому движению, обеспечивает постоянный бесперебойный пропуск транспортного потока с определенной скоростью (в зависимости от конфигурации и диаметра центрального островка), в отличие от регулируемого перекрестка (принцип очередности проезда требует полной остановки потоков, а также суточной и недельной адаптации светофорных циклов и т. д.).

При устройстве кольцевых перекрестков сокращаются экономические издержки, учет которых обязателен при выборе мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на основании [8].

Кольцевые перекрестки (КПК), или круговые развязки, получили широкое распространение в практике дорожного движения. В начале 20–30-х годов прошлого столетия в США считалось, что они решают почти все вопросы безопасности дорожного движения и являются незаменимыми. 60–80 годы XX века характеризуют спадом в применении круговых развязок. Однако в последнее время интерес к КПК снова возрос.

Кольцевое, или круговое, движение – это движение потоков вокруг центрального островка против часовой стрелки. КПК устраивают там, где имеется более 4 въездов, при наличии на площади памятника, где сходятся примерно равные по мощности потоки, а также не ожидается очень высокая нагрузка и т. д. Заметим, что ширина полосы на КПК больше, чем на прямых участках улиц, поскольку при движении по кольцу габаритная ширина увеличивается, особенно для длиннобазных автомобилей. В среднем ширина одной полосы принимается около четырех метров.

КПК имеют следующие преимущества:

- уменьшение количества конфликтных точек, в том числе исключение точек «пересечения» транспортных потоков, остаются менее опасные конфликтные точки «слияния» и «от-

клонения» потоков. Это снижает вероятность аварий и тяжесть их последствий;

- низкая относительная скорость движения, что уменьшает тяжесть последствий аварий и позволяет эффективно взаимодействовать между собой транспортным потокам (ТП). Невысокая скорость движения (за счет плавного движения вокруг центрального островка) позволяет водителям адекватно оценивать дорожно-транспортную ситуацию, быстро реагировать и совершать действия таким образом, что в случае возникновения аварии последствия, как правило, не являются тяжелыми для человека, а повреждается лишь автомобиль;

- хорошие условия левого поворота, который можно выполнять одновременно с нескольких полос. Это обеспечивает постоянный бесперебойный пропуск транспортного потока на пониженной скорости, в отличие от светофорного регулирования движения, где используется принцип очередности проезда с полной остановкой (свойство саморегулирования). Также исключены ситуации осуществления левого поворота перед встречным движением;

- довольно высокая пропускная способность для пересечений в одном уровне;

- относительно невысокие удельные задержки транспорта;

- отсутствие необходимости в светофорном регулировании при умеренных и довольно высоких нагрузках;

- плавное равнозамедленное движение транспортного потока (уменьшается количество торможений, остановок, разгонов) способствует снижению негативного воздействия транспорта на окружающую среду (вредные выбросы, шум);

- одностороннее движение внутри кольца не требует психологического напряжения от водителя, возникающего из-за необходимости следить за движением одновременно с нескольких конфликтных направлений для выбора достаточно безопасного интервала, чтобы проехать перекресток.

Скорость движения на подходах также может быть дополнительно снижена путем искривления траектории движения транспортных потоков и устройства зигзагов.

По результатам исследований, проведенных в 1975–1994 гг. в Великобритании, Дании, Швеции, Норвегии, Австралии, Нидерландах, Швейцарии и Германии, установлено, что развязки с круговым движением снижают число аварий с ранениями на 30 %–47 % по сравнению как с регулируемыми, так и нерегулируемыми перекрестками. Схема кругового движения обеспечивает большую пропускную способность перекрестка,



Рисунок 1 – Круговая развязка на автомобильной дороге М-5 Минск – Гомель (реконструируется) на подходе к г. Бобруйску



Рисунок 2 – Развязка в разных уровнях с элементами кругового движения на автомобильной дороге М-6 Минск – Гродно в районе г. п. Закаблук



Рисунок 3 – Вид на развязку на примыкании автомобильной дороги Н-8964 Паперня – Радошковичи к автомобильной дороге Р-28 Минск – Молодечно

чем обычные четырехсторонние перекрестки как регулируемые, так и нерегулируемые. Как установлено исследованиями, проведенными в Республике Беларусь, замена нерегулируемого четырехстороннего перекрестка на КПК позволяет снизить число аварий не менее чем в два раза. Однако применение в нашей стране на автомобильных дорогах общего пользования кольцевых перекрестков в силу отсутствия достаточной нормативной базы и низкой компетентности проектировщиков ограничено несмотря на неоспоримые преимущества перед другими типами перекрестков. Хотя, например, в Могилевской области такие развязки применялись достаточно широко (рис. 1).

Элементы кругового движения закладываются проектировщиками при устройстве развязок в разных уровнях (рис. 2).

Некоторые развязки (рис. 3) имеют вытянутый центральный островок, обеспечивающий более скоростное высокоинтенсивное транзитное движение в прямом направлении.

Увеличение пропускной способности перекрестка с помощью устройства кольцевой развязки объясняется тем, что движение потоков пересечения и поворота, связанное с периодами ожидания и создающее помехи движению потоков других направлений, преобразуется в замедленное круговое движение. Несмотря на то, что круговая траектория снижает скорость движения, общая продолжительность проезда через перекресток сокращается, поскольку необходимости полной остановки транспортных средств практически не возникает.

К недостаткам кольцевых перекрестков можно отнести следующие:

- затрудненное пешеходное движение, что объясняется отсутствием регулирования и непрерывным транспортным потоком как на въездах, так и на выездах;

- потребность в большой и ровной площади, которая в пределах города имеет огромную стоимость, особенно в центре (стоимость земли в центре крупнейших городов очень высока – тысячи долларов за один квадратный метр);

- увеличенная потребность в освещении, оборудовании и т. д.;

- ограниченная скорость движения главных транзитных потоков (до 40 км/ч), что не всегда приемлемо;

- некоторый перепробег транзитных главных и левоповоротных потоков;

- невысокая эффективность в условиях светофорного регулирования и координации.

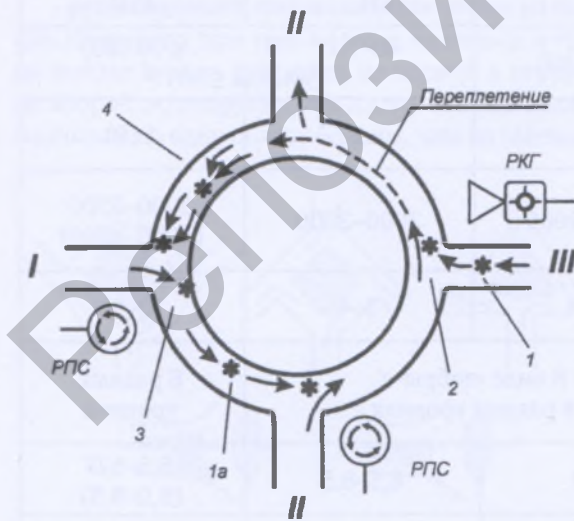
На рисунке 4 показаны очаги аварийности на кольцевом перекрестке с центральным островком большого диаметра при двух типах регулирования – кольцо главное и отсутствие помехи справа.

Видно, что основные очаги располагаются на въездах, однако и на самом кольце имеются аварии, в основном попутные и маневровые столкновения.

На рисунке 5 показаны типовые основные очаги аварийности на кольцевых перекрестках с центральным островком малого и среднего диаметра. Видно, что очаги в точках 3, 4, 5

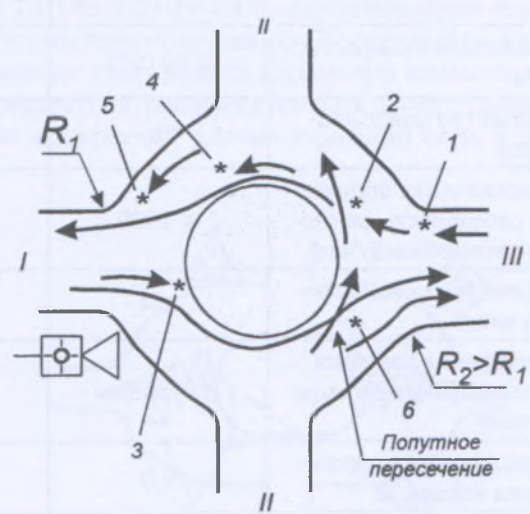
и 6 спровоцированы водителями, движущимися по кольцу и съезжающими с него. В точках 4 и 6 эти водители, вопреки правилам (преимущество имеет тот, у кого нет помехи справа), но подчиняясь здравому смыслу, придерживаются правила: преимущество имеет тот, у кого нет помехи слева. В точке 5 водители, съезжающие с кольца и использующие данное правило, спрямляют траекторию и выигрывают в скорости, но препятствуют водителю, движущемуся справа, сделать бесконфликтный правый поворот. Особенно это опасно, когда радиус закругления R_1 небольшой и водитель, движущийся справа, вынужден остановиться в самый последний момент. Заметим, что в западной технической литературе этот правый поворот считается бесконфликтным, в расчетах не фигурирует, и очаг 5 как таковой отсутствует. Очаг 3 образован тем, что водитель, движущийся справа, для увеличения радиуса и выигрыша в скорости действует уже по правилу «нет помехи справа», прижимая водителя, движущегося слева, к островку и заставляя его уступить дорогу или остановиться. Как видим, здесь имеется ряд недоработок, связанных с нормативами, практикой регулирования, поведением участников и контролем за движением, устранение которых позволит практически ликвидировать четыре очага из шести.

На рисунке 6 показаны новые очаги аварийности при разрезании центрального островка по направлению главной дороги. Видно, что новые очаги располагаются на выездах из разрез-



1–4 – очаги аварийности; РКГ – регулирование по типу «кольцо главное»; РПС – регулирование по типу «помеха справа»

Рисунок 4 – Очаги аварийности на кольцевом перекрестке с центральным островком большого диаметра

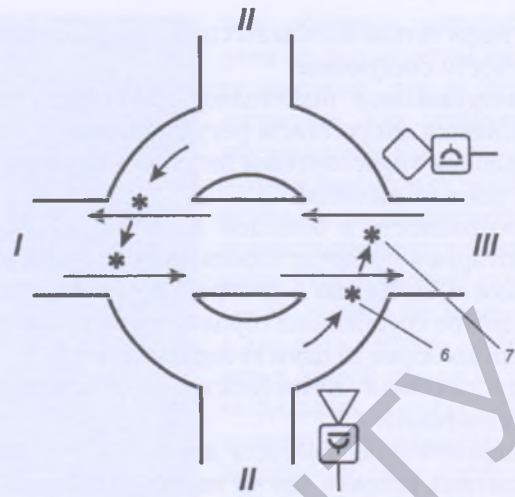


1–6 – очаги аварийности (показано регулирование по типу «кольцо главное»)

Рисунок 5 – Схема движения и очаги аварийности на кольцевом перекрестке с центральным островком малого и среднего диаметра

ного островка. Это объясняется тем, что многополосные транспортные потоки, движущиеся по кольцу, должны во второстепенном режиме пересекать очень скоростные и еще более многополосные главные прямые потоки. Заметим, что аварии в этом конфликте имеют, как правило, тяжелые последствия.

Для идеального случая устройства развязки с круговым движением все улицы, примыкающие к перекрестку, должны иметь приблизительно равные объемы транспортного движения. Рекомендуемая расчетная скорость движения на кольце в пределах населенных пунктов – 25–30 км/ч. Скорость движения транспортного потока регулируется диаметром центрального островка, шириной проезжей части, радиусами примыканий дорог к кольцу, планировкой развязки. Рекомендуемые типы и геометрические параметры развязок с круговым движением, установленные практикой скандинавских стран, приведены в таблице 1.



6 и 7 – очаги аварийности, которых нет при неразрезном центральном островке

Рисунок 6 – Новые очаги аварийности при разрезании центрального островка по направлению главной дороги

Таблица 1 – Типы КПК без светофорного регулирования

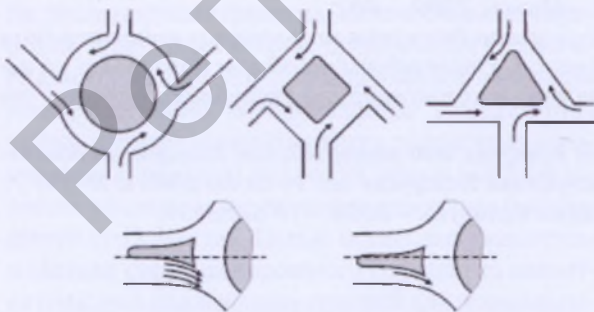
Параметры развязки	Тип развязки			
	Очень маленький	Маленький	Средний	Большой
Диаметр центрального островка на развязке, м	< 4	4–12	13–40	41–60
Принцип устройства				
Ограничение скорости, км/ч	≤ 40 (50)	≤ 50 (40)	40–70	≤ 70 (80) (иногда ≤ 50)
Количество полос движения	1	1	1	1 (2)
Максимальная пропускная способность (легковых автомобилей/час)	< 1000	1000–2000	2000–3000	3000–3500 (4000–4500)
Количество примыкающих улиц	3–4	3–4	3–4	3–5
Пересечение развязки пешеходами и велосипедистами	По улицам	В виде «зебры»/ в разных уровнях		В разных уровнях
Ширина полосы движения на кольце, м	9,0	9,0	6,5–8,5	5,5–6,0 (8,0–8,5)
Сужение полосы движения*, м	Проезд по кольцу	По кольцу/ ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 0,5
Примыкание улиц под острым углом	Нет	Обычно нет	Обычно да	Всегда

* Эта полоса проезда по кольцу может быть устроена из булыжника и т. п. с целью создания неудобства для проезда легковым автомобилям, но может легко использоваться автопоездами и автобусами.

Необходимо отметить, что выполнение кольца вокруг центрального островка возможно из контрастирующих и по цвету, и по типу дорожных материалов (например, брусчатки), что делает возможным проезд крупногабаритных автомобилей (автопоездов) по более пологой траектории, но делает дискомфортным проезд легковых автомобилей по прямой траектории (из-за шума и вибрации, возникающих при тряске).

Иногда случается, что при малом диаметре центрального островка или смещении въездов время движения крупногабаритных автомобилей превышает время движения главного потока от момента распознавания его траектории до момента прибытия в конфликтную точку. Необходимо что-то делать, чтобы увеличить этот интервал времени от момента распознавания траектории до прибытия в конфликтную точку. Для этого имеются следующие возможности:

- уменьшить скорость движения потока, хотя это невозможно проконтролировать;
- съезжающим с кольца автомобилям раньше подавать сигнал правого поворота, предлагая делать это не позднее некоего фиксированного места, максимально удаленного от конфликтной точки;
- увеличить диаметр центрального островка, удлинив тем самым траекторию движения главного потока;
- изменить конфигурацию центрального островка, сделав его, например, прямоугольным, увеличивая тем самым траекторию и уменьшая скорость на крутых поворотах;
- рекомендовать специализацию полос на выезде. Например, при трех полосах на кольце и трех на выезде можно двигаться из первой в первую, из второй во вторую и так далее. Можно делать на кольце на одну полосу больше, чем на выездах;



а - формой центрального островка и направлением въездов; б - расположением направляющего островка на въезде

Рисунок 7 – Возможные варианты воздействия на ТП на кольцевых перекрестках с помощью планировочных решений

- сместить выезды так, чтобы они соответствовали нагрузке и важности. Если данный выезд очень важный и нагруженный, то предыдущий должен быть отнесен как можно дальше от него и наоборот (рис. 7).

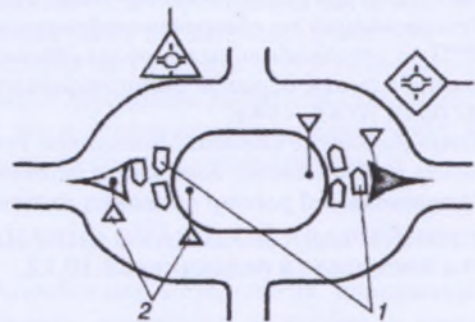
Комбинация этих возможностей позволяет добиться положительных результатов на автомобильных дорогах общего пользования. Следует учитывать, что имеются и другие возможности воздействия на транспортный поток на КПК. Во-первых, на въезде рекомендовать оптимальную скорость. Во-вторых, с помощью формы направляющего островка на въезде можно поставить автомобиль в выгодное положение, по крайней мере отдалив его от центрального островка. Можно, наоборот, расположить въезд против движения и заставлять водителей резко снижать скорость, поворачивая за направляющим островком.

Что касается кольцевого движения, где преобладает одно транзитное направление, то приоритет нужно однозначно отдавать этому направлению. При этом необходимо создавать достаточные накопительные зоны для левоповоротных и пересекающих потоков. Следует также делать ступенчатые стоп-линии, чтобы ТС не закрывали водителям видимость (рис. 8).

На рисунке 9 приведен пример устройства такой развязки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных исследований ведется разработка изменений к ТКП 45-3.03-19-2006 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования». В предлагаемых изменениях указываются параметры кольцевых перекрестков, рекомендуемых к проектированию на конкретной улично-дорожной сети, в зави-



1 – накопительные зоны для пересекающих и левоповоротных потоков транспорта; 2 – дорожный знак 2.4 «Уступи дорогу»

Рисунок 8 – Кольцевой перекресток с преобладанием транзитного направления



Рисунок 9 – Пример устройства развязки с вытянутым центральным островком на примыкании автомобильной дороги Н-8964 Паперня – Радошковичи к автомобильной дороге Р-28 Минск – Молодечно

симости от параметров транспортно-пешеходной нагрузки, условий движения маршрутного транспорта, велосипедов и т. д. Введение изменений будет способствовать повышению безопасности движения на автомобильных дорогах общего пользования.

Таким образом, устройство кольцевых перекрестков рекомендуется на нерегулируемых

перекрестках с большим числом аварий как средство привлечения внимания водителей к изменению характера движения, способ физического сдерживания скорости движения; на перекрестках, где значительная часть потока транспортных средств совершает левый поворот. КПК могут устраиваться как альтернатива светофорному регулированию (по данным [1], на республиканских дорогах на регулируемых перекрестках совершено 7 ДТП), которое имеет место на автомобильных дорогах общего пользования, что сокращает пропускную способность республиканских дорог.

Необходимо отметить, что вне зависимости от конфигурации КПК их уровень безопасности более высокий, чем обычного четырехстороннего перекрестка (даже со светофорным регулированием). Это является основанием для более широкого применения кольцевых перекрестков на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь, что будет способствовать повышению безопасности дорожного движения, снижению тяжести последствий ДТП, а также экономических и экологических потерь в дорожном движении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о дорожно-транспортных происшествиях на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь в 2011 году : аналитический сборник / РУП «Белдорцентр». – Минск, 2012. – 114 с.
2. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
3. Врубель, Ю. А., Капский, Д. В., Кот, Е. Н. Определение потерь в дорожном движении. – Минск : БНТУ, 2006. – 252 с.
4. Отчет о НИР ГБ 08-34 «Разработка методики снижения очаговой аварийности в населенных пунктах» / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, Ю. А. Врубель и др. – Минск : БНТУ, 2009. – 114 с.
5. Рекомендации по выявлению участков концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования и повышению безопасности дорожного движения на них : ДМД 02191.3.015-2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск, 2011. – 32 с.
6. Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения : ДМД 02191.3.020-2009. – Введ. 01.11.2009. – Минск, 2009. – 40 с.
7. Рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования. Утверждены приказом Комитета по автомобильным дорогам Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 27.03.01 № 43. – 54 с.
8. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» от 14 июня 2006 г. № 757 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2006. – № 5/22459.

Статья поступила в редакцию 22.10.12.