

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ВЫБОРА ТИПА КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ И ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА НИХ

Капский Д.В.

Кузьменко В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, перекрестки с круговым движением занимают промежуточное положение между нерегулируемыми и регулируемыми перекрестками и являются *саморегулирующимися* [2, 3]. Их применение снижает количество аварий с пострадавшими до 50 % по сравнению с перекрестками стандартной конфигурации (причем неважно – с наличием или без светофорного регулирования). Более того, их применение резко *сокращает* 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 1-3 в год, не более) [4, 3].

Также необходимо отметить, что схема кругового движения обеспечивает пропускную способность перекрестка большую, 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; требует суточной и недельной адаптации светофорных циклов и т.д.).

С точки зрения психофизиологических особенностей водителя именно односторонняя направленность движения внутри кольца не требует психологического напряжения от него, что наблюдается при необходимости следить за движением с других направлений для ожидания интервала для выезда на перекресток. На кольцевых перекрестках наблюдается снижение экологических потерь из-за плавного равнозамедленного движения транспортных потоков (снижается количество торможений, остановок, разгонов) [2, 4 5].

В Минске круговые перекрестки используются в 11 узловых тяжело нагруженных точках города. При этом несколько перекрестков имеют выходы до 6 – 7 улиц, на которых организация пропуска интенсивных потоков возможна только с помощью кругового движения.

Однако некоторые кольцевые перекрестки (в виду особенностей планировочного характера: диаметра кольца, ширины проезжей части, радиусов примыканий улиц, общей планировки) уже исчерпывают свои пропускные возможности. Нередко, в часы утреннего и вечернего пиков, образуются заторы (задержки до 20 минут) на высоконагруженных направлениях [6, 7].

Одним из таких перекрестков в Минске является *площадь Бангалор* – пересечение улиц Богдановича, Орловской и Сурганова с частичным регулированием движения. Особенностью данного пересечения является также и то, что вплотную с одной стороны к нему подходит зона

существующей застройки, а пешеходные переходы не могут быть перенесены под землю из-за наличия обильных инженерных коммуникаций. В связи с этим вопрос оптимизации планировочного решения при сохранении геометрических параметров пересечения и наличии конфликтующих потоков является актуальным (рис.1).

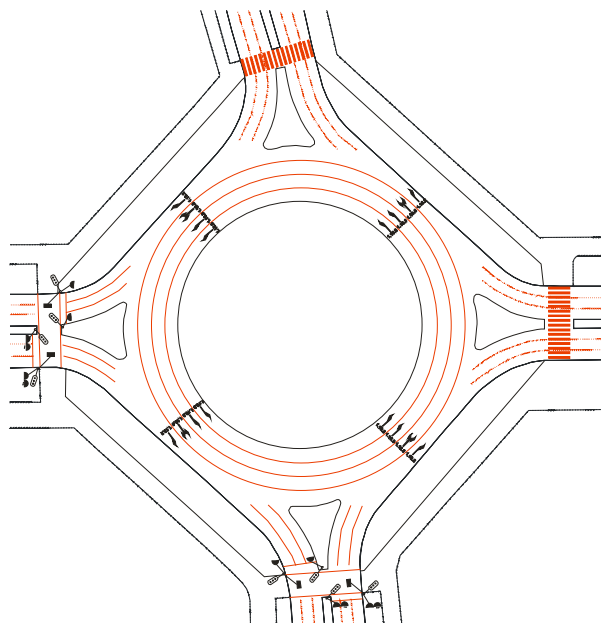


Рисунок 1 – Существующая планировка перекрестка

При существующем планировочном решении регулирование при проезде перекрестка осуществляется с двух входов по принципу «кольцо – главное» в нерегулируемом режиме и с двух других входов в частично регулируемом режиме: сначала – регулируемый пешеходный переход, затем по принципу «кольцо – главное».

Основные задержки и остановки транспорта возникают непосредственно при въезде на кольцо (70 %). Дополнительные задержки и остановки транспорта (20 %) возникают из-за расположенных близко к перекрестку двух регулируемых пешеходных переходов (через улицу Богдановича со стороны ул. Кульман и улицу Сурганова со стороны ул. Куйбышева). На входах, где расположены регулируемые пешеходные переходы, транспортный поток, в основном, останавливается не менее двух раз: первый – перед светофором, второй – перед кольцом. На двух других входах расположены нерегулируемые пешеходные переходы, но из-за низкой интенсивности пешеходного движения по ним задержки и остановки транспорта являются незначительными.

Очень часто из-за близкорасположенного регулируемого пешеходного перехода через ул. Богдановича при включении запрещающего сигнала для транспорта нарастает очередь автомобилей, движущихся с кольца на выезд с перекрестка. По мере нарастания очереди закупоривается соседний с ним вход со стороны ул. Орловской. И пока очередь из автомобилей перед выездом с перекрестка не уменьшится, транспортный поток, движущийся

с ул. Орловской, не имеет возможности выезда на перекресток из-за остановленных на кольце светофором автомобилей, движущихся на выход с кольца.

Синхронное включение и выключение разрешающих сигналов светофора для транспорта по ул. Сурганова и ул. Богдановича приводит к увеличению автомобилей на кольце перед входом по ул. Сурганова. Транспортный поток с ул. Сурганова вынужден сначала пропустить транзитный и левоповоротный поток с ул. Богдановича, и только в оставшееся время разрешенного сигнала может выехать на кольцо.

При движении по кольцу по третьей и четвертой полосе водителям необоснованно предписано двигаться только налево. На самом деле автомобили двигаются с этих полос и направо и налево, что приводит к большому числу аварий на кольце и вследствие этого к возникновению заторов. Первая полоса практически не используется не только легковыми автомобилями, но и троллейбусами, что вызвано большим перепробегом, меньшей скоростью на полосе, трудностью вливания в транспортный поток и наличием на ней въезжающих на кольцо транспортных средств.

Средняя скорость движения автомобилей по кольцу составляет порядка 40 км/ч. Время движения (без учета задержек и остановок) в прямом направлении – 14 с, в левоповоротном направлении – 21 с.

Особенностью картограммы интенсивности движения является наличие левоповоротного потока большой интенсивности (до 600 авт/ч) с ул. Орловской на ул. Богдановича и такого же по величине правоповоротного потока в обратном направлении.

Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов составляют 1300000 у.е./год.

Преимущества существующей организации дорожного движения:

1. Возможность функционирования перекрестка в случае выключения светофорного регулирования;
2. Возможность использования наземных пешеходных переходов в 2 этапа;
3. Практически отсутствуют аварии с ранеными и пострадавшими;
4. Хорошее функционирование при значительных лево- и правоповоротных потоках.

Недостатки существующей организации дорожного движения:

1. Большое количество аварий с материальным ущербом (около 250 ДТП в год);
2. Перепробег транзитных и левоповоротных потоков со всех направлений;
3. Низкая скорость проезда перекрестка за счет движения по кольцу;
4. Невозможность координации ни по одной магистрали;
5. Наличие дополнительных задержек и остановок на условных вторых стоп-линиях у части поворотных потоков;
6. Периодическое возникновение заторов при включении запрещающего сигнала светофора;
7. Высокий уровень загрузки на входах (0,8-0,9).

Для разработки и обоснования проектных альтернатив НИЦ дорожного движения университета были проведены экспериментальные исследования: интенсивности (рис. 2) и состава транспортных и пешеходных потоков на пересечении (путем исследования корреспонденций в рабочие и выходные дни с интервалом в два часа); расположения транспортных средств; времени проезда перекрестка в основных направлениях (транзитном и левоповоротном); конфликтного взаимодействия транспортных потоков при въезде на кольцо (исследования скорости движения при подъезде к месту слияния транспортных потоков, движущихся по кольцу, и въезжающих на него); конфликтного взаимодействия и одновременности конфликтов и пр.

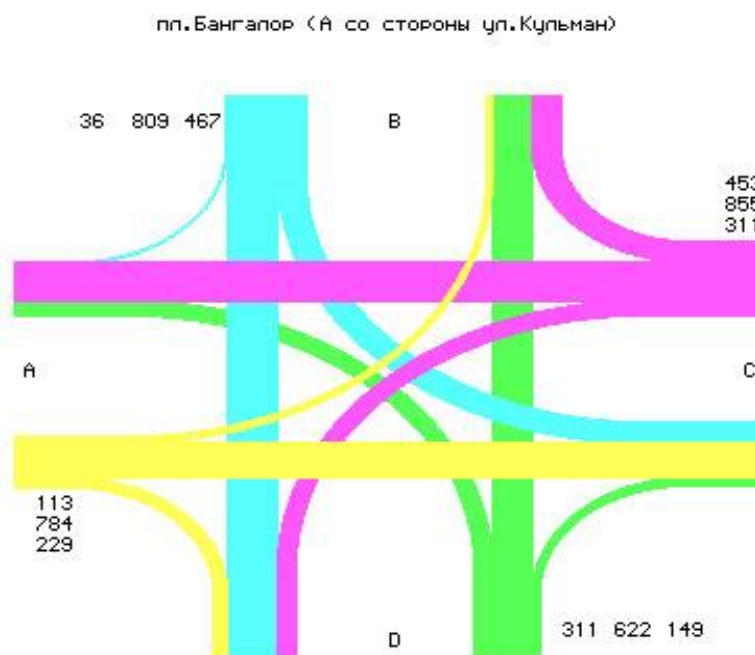


Рисунок 2 – Картограмма интенсивности движения

При проведении дальнейших исследований интенсивность движения бралась на перспективу (до 5 лет). Оценка предлагаемых решений производилась по критерию минимизации потерь в дорожном движении. На основе полученных экспериментальным путем данных оценивались аварийные, экологические и экономические потери.

В дальнейшем рассмотрены следующие организационные и планировочные решения: координация работы регулируемых пешеходных переходов (рис. 3, а); полное регулирование на всех въездах (турбина) (рис. 3, б); разрез центрального островка вдоль самой нагруженной магистрали (ул. Богдановича) (рис. 3, в), полный разрез вдоль двух магистралей (аналог – площадь Притыцкого) (рис. 3, г) и стандартный перекресток (аналог – перекресток улиц Лынькова и Притыцкого) (рис. 3, д).

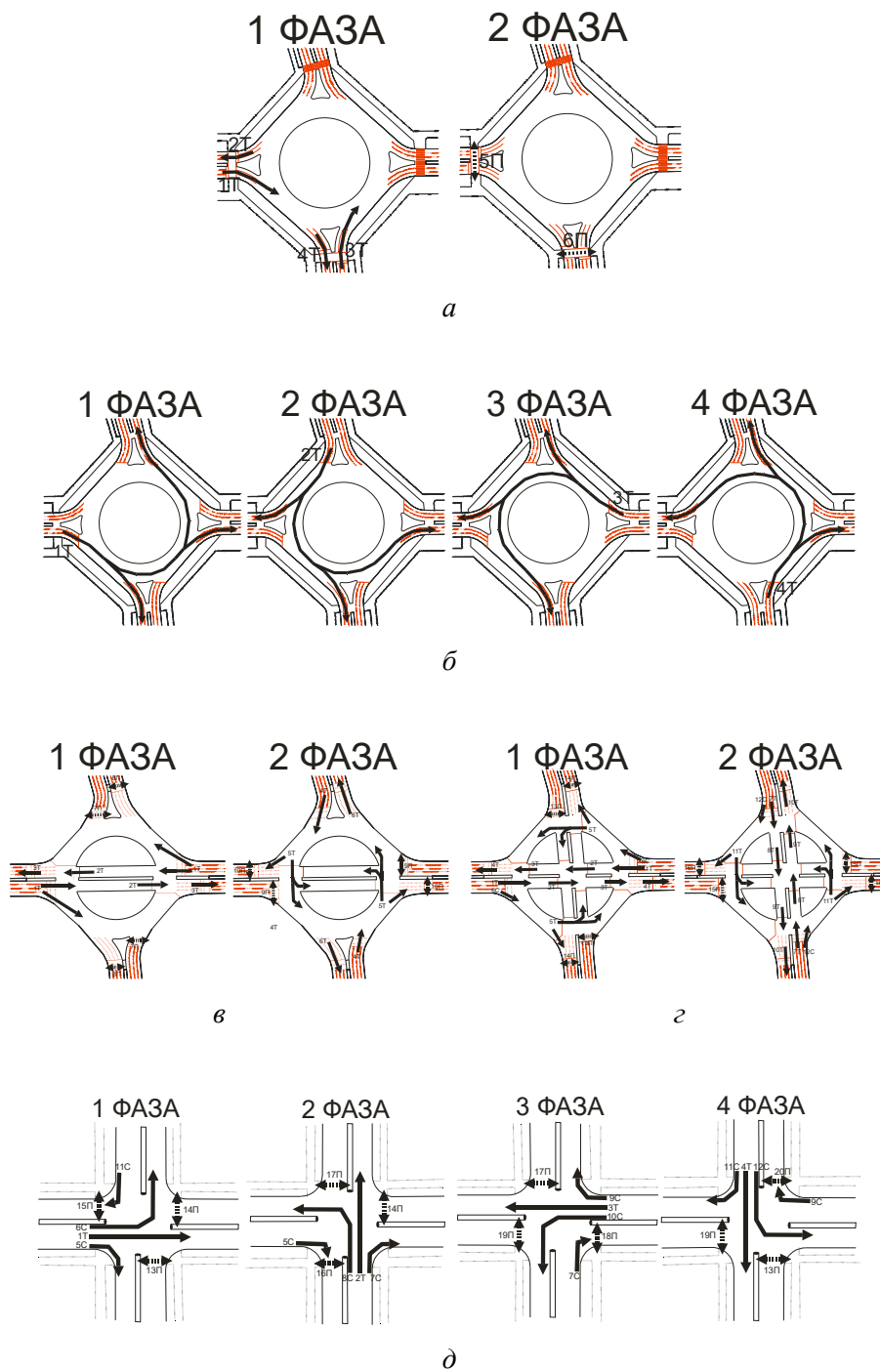


Рисунок 3 – Варианты альтернативных решений

Для каждого из вариантов были составлены светофорные циклы, которые имеют следующие параметры (рис. 4-7).

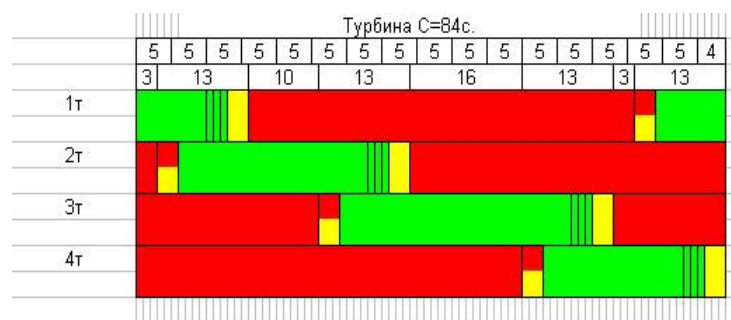


Рисунок 4 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Турбина»

Для каждого варианта рассматривался цикл длиной 84 с, поскольку на магистральных улицах Богдановича, Сурганова и Орловской существует координированное регулирование с длительностью цикла 84 с.

Поскольку одним из условий введения координации является равенство циклов на всех светофорных объектах, входящих в координируемую магистраль, то и для оптимизируемого решения было принят данный цикл.

Предлагаемый вариант планировочного решения (рис. 5) характерен тем, что полностью меняется тип пересечения. Вместо кольцевого перекрестка проектируется обычный 4-сторонний перекресток со всеми разрешенными поворотами. Для функционирования такого перекрестка необходимо наличие 5 полос на каждом входе и 4 полос на каждом выходе. При этом регулирование должно осуществляться в 4 фазы из-за наличия больших левоповоротных потоков со всех входов:

- а) транспорт с каждого входа движется во всех направлениях бесконфликтно в одной фазе. Пешеходы переходят улицу в два этапа бесконфликтно;
- б) транспорт с каждого входа движется во всех направлениях бесконфликтно в одной фазе, а правоповоротный транспорт еще и в другой фазе в конфликте с пешеходами. Пешеходы переходят улицу в два этапа: одну проезжую часть бесконфликтно, другую проезжую часть бесконфликтно в одной фазе в конфликте с правоповоротным транспортом в другой фазе.

Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов при данном планировочном решении составляют 1500000 у.е./год.

Но наряду с достоинствами (отсутствием перепробега со всех входов; скорость движения на перекрестке транзитного транспорта может быть равна скорости движения при подъезде к нему; возможностью использования наземных пешеходных переходов в 2 этапа; отсутствием дополнительных задержек и остановок на условных вторых стоп-линиях и др.), имеются и существенные недостатки – необходимость бесперебойной работы светофорного объекта; 4-фазный цикл регулирования и, следовательно, высокий уровень загрузки на входах (0,8-0,9); ограниченность использования троллейбусного транспорта по всем направлениям из-за технических характеристик контактной сети; большая ширина перекрестка и подходов к нему; прогнозируемое снижение аварийности на 10-20 % по сравнению с существующим планировочным решением, но тяжесть аварий повышается в 2,5 раза.

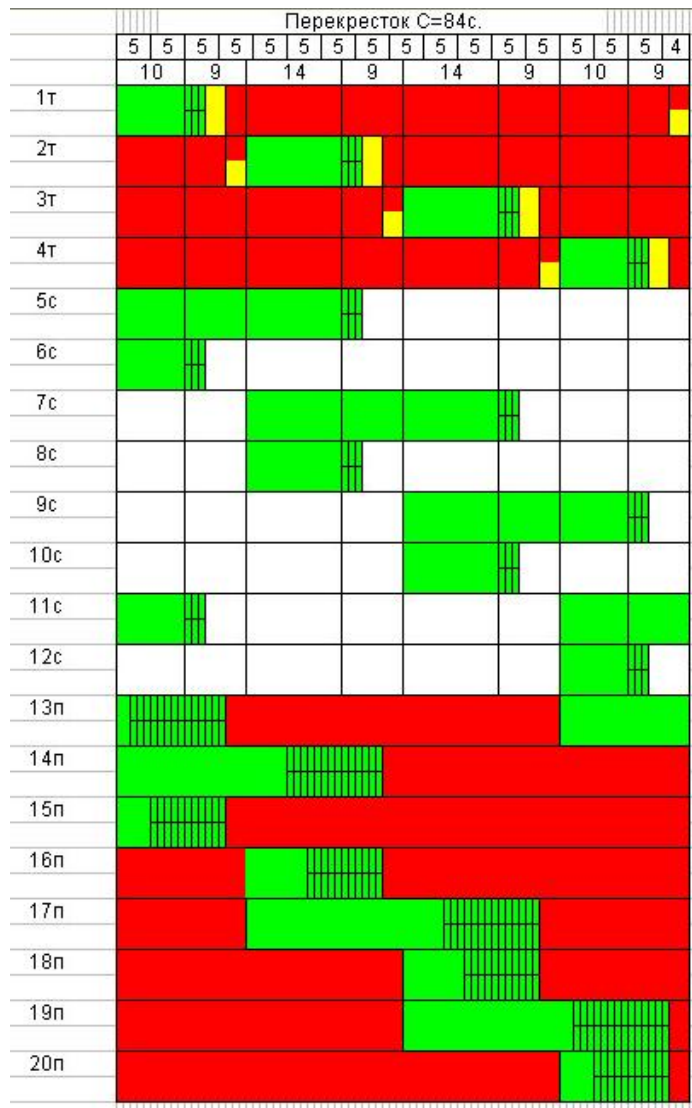


Рисунок 5 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Стандартный перекресток»

Вариант «Разрез вдоль одной магистрали» характерен тем, что включает в себя элементы обычного и кольцевого перекрестка (рис. 3, в и 6). Центральный островок разрезается вдоль одной из пересекающихся магистралей, образуя собой кольцо, разрезанное посередине. Движение транзитного транспорта по этой магистрали (главной) осуществляется прямо в разрез центрального островка, а левоповоротный транспорт движется по кольцу в объезд центрального островка. Движение транзитного транспорта с другой магистрали (второстепенной) осуществляется по кольцу в объезд центрального островка, а левоповоротный транспорт движется сначала по кольцу до разреза, и потом легковые автомобили – в разрез, а маршрутный пассажирский транспорт и грузовые автомобили – по кольцу в объезд центрального островка. Для функционирования такого планировочного решения необходимо введение светофорного регулирования, при этом очень важна координация сигналов светофора внутри перекрестка.

Выбор направления разреза кольца зависит от интенсивности движения транзитных и левоповоротных потоков. При данной картограмме интенсивностей движения разрез центрального островка необходимо выполнять вдоль ул. Богдановича.

На каждом входе устраивается 4 полосы для движения в каждую сторону, внутри кольца 3 полосы, а ширина разделительных островков остается прежней. Пешеходные переходы устраиваются в 2 этапа по Г-образной траектории. В случае расположения остановочных пунктов МПТ по ул. Богдановича перед перекрестком необходимо будет пускать транзитное троллейбусное движение не в разрез, а по кольцу. В случае выключения светофорной сигнализации необходимо чтобы движение по кольцу было главным, а в разрез – второстепенным. Такое регулирование необходимо, потому что транспортному потоку, движущемуся по кольцу, тяжелее преодолеть двустороннее движение, чем транспортному потоку, движущемуся в разрезе, одностороннее.

Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов при данном планировочном решении составляют 1100000 у.е./год. В случае координации движения по ул. Богдановича потери будут составлять 750000 у.е./год.

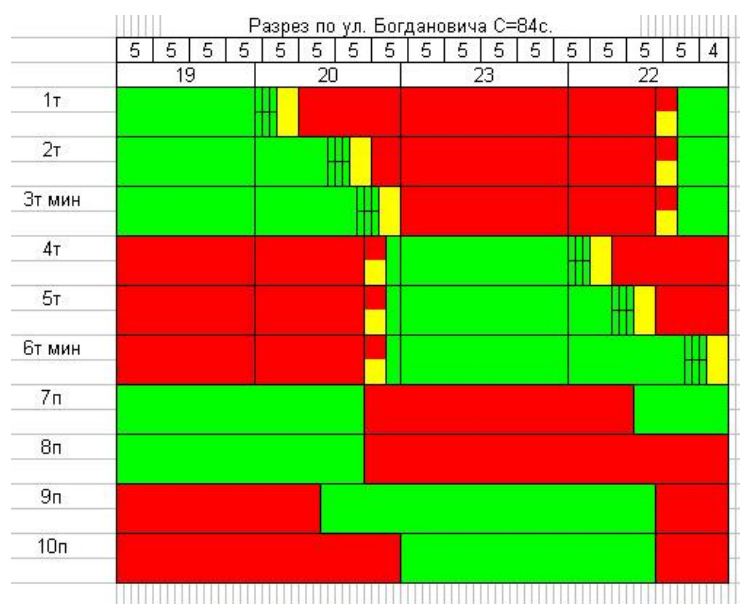


Рисунок 6 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Разрез вдоль одной магистрали»

Безусловным минусом является: сложность координации по второй магистрали; условия движения по одной магистрали лучше, чем по другой; перепробег транзитных потоков по второстепенной магистрали и левоповоротных потоков главной магистрали; низкая скорость проезда перекрестка транспортом одной магистрали за счет движения по кольцу; наличие дополнительных задержек и остановок на условных вторых стоп-линиях у части транзитных и всех поворотных потоков.

Вариант, в котором центральный островок разрезается вдоль обеих магистралей, характерен тем, что также включает в себя элементы обычного и кольцевого перекрестка. Центральный островок разрезается по двум пересекающимся магистралям, образуя обычный перекресток внутри и элементы кольцевого перекрестка снаружи. Движение транзитного транспорта

по магистралям осуществляется прямо в разрез центрального островка, а левоповоротный транспорт движется сначала по кольцу до разреза, и потом легковые автомобили – в разрез, а маршрутный пассажирский транспорт и грузовые автомобили – по кольцу в объезд центрального островка. Для функционирования такого планировочного решения необходимо введение светофорного регулирования, при этом очень важна координация сигналов светофора внутри перекрестка.

На каждом входе устраивается 4 полосы: 1 – направо, 2 – прямо и направо, 3 и 4 – прямо. На каждом выходе устраивается 4 полосы: 1 – для поворотного транспорта в качестве переходно-скоростной полосы, а также для размещения на ней остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта; 2, 3 и 4 – для транзитного транспорта. Внутри кольца устраивается 3 полосы в каждом направлении и между ними разделительная полоса, конструктивно выделенная или в виде разметки прежней ширины. Размер центрального островка увеличивается за счет уменьшения количества полос (на одну) для движения по кольцу. На кольце устраивается 3 полосы: 3 – налево в разрез, 2 – налево в разрез и прямо по кольцу, 1 – прямо по кольцу.

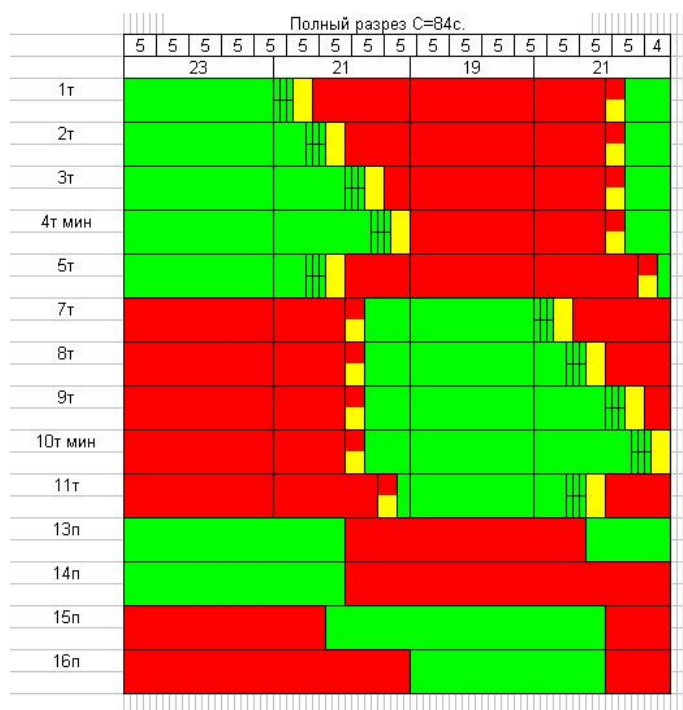


Рисунок 7 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Разрез вдоль двух магистралей»

Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов при данном планировочном решении составляют 1000000 у.е./год. В случае координации движения по одной из магистралей потери будут составлять 650000 у.е./год. В случае координации движения по двум магистралям потери будут составлять 350000 у.е./год

Именно данное решение обладает наиболее лучшими показателями для дальнейшего внедрения планировочного проекта.

Некоторые решения были визуализированы в программном комплексе TV_VISION (рис. 8-10).



Рисунок 8 – Движение транспортно-пешеходных потоков при существующем варианте



Рисунок 9 – Движение транспортно-пешеходных потоков на стандартном перекрестке



Рисунок 10 – Движение транспортно-пешеходных потоков при разрезе центрального островка вдоль высоконагруженной магистрали

В случае координации движения по ул. Богдановича потери будут составлять 750000 у.е./год. Преимущества предлагаемого планировочного решения: отсутствует перепробег транзитного транспорта по ул. Богдановича и уменьшается перепробег левоповоротных потоков с улиц Орловской и Сурганова; скорость движения на перекрестке транзитного транспорта по ул. Богдановича может быть равна скорости движения при подъезде к нему; возможность использования наземных пешеходных переходов в 2 этапа; меньшая прогнозируемая аварийность (на 60-70 %) по сравнению с существующим планировочным решением; возможность координации транзитного направления вдоль ул. Богдановича; оптимальный уровень загрузки на входах (0,5-0,8).

Имеются и некоторые недостатки предлагаемого решения: сложность координации по второй магистрали; необходимость бесперебойной работы светофорного объекта; условия движения по одной магистрали лучше, чем по другой; перепробег транзитных потоков по второстепенной магистрали и левоповоротных потоков главной магистрали; низкая скорость проезда перекрестка транспортом одной магистрали за счет движения по кольцу; наличие дополнительных задержек и остановок на условных вторых стоп-линиях у части транзитных и всех поворотных потоках.

Выводы

Таким образом, выбрано планировочное решение, которое будет реализовано в качестве строительного проекта (исполнитель – УП «Минскинжпроект»). Необходимо отметить, что сохранение специфики кольцевого перекрестка даст значительные преимущества (в том числе и снижение тяжести аварий) при отключении светофорной сигнализации.

Интенсивность движения в узле превышает 5000 авт./ч (5900 ед./ч). За сутки через пл. Бангалор проезжает около 80000 транспортных средств. Уровень экономических издержек движения в узле составляет около 1300 тыс.\$/год, ежегодное количество аварий (дорожно-транспортных происшествий) – 235–240.

Разработан перечень критериев для оценки вариантов планировочных решений и схем организации движения, включающий 10 показателей. Разработаны и оценены четыре варианта возможного изменения планировочного решения транспортного узла и схемы организации движения в нем узле.

Наиболее целесообразными признаны варианты, предусматривающие «разрез» центрального островка по направлению одной или обеих магистралей, устройство светофорного регулирования на образовавшихся перекрестках, сохранение кольцевой проезжей части для организации отнесенных левых поворотов. Экономические издержки движения при реализации вариантов могут быть снижены на 50-70 % в сравнении с существующим положением, показатели аварийности – на 60-80 %. Обеспечиваются резервы пропускной способности, сохраняется возможность троллейбусного движения во всех направлениях.

Предложен вариант корректировки существующей схемы светофорного регулирования на пл. Бангалор, который может быть использован в период до начала реконструкции узла. Вариант не требует капитальных затрат, обеспечивается переналадкой дорожного контроллера и позволит уменьшить количество конфликтных ситуаций и ДТП в одной из зон переплетения на кольцевой проезжей части.

Литература

1. СНБ 3.03.02-97 Улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М.: Транспорт, 1993.– 271 с.
3. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В двух частях. – Мн.: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634 с.
4. Врубель Ю.А., Капский Д.В., Кот Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. Мн.: БНТУ, 2006. – 252 с.
5. Капский Д.В., Кот Е.Н., Кухаренок Г.М. Оценка опасности конфликтов «поворотный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках. // Реконструкция городов. СПбГАСУ-2005: Сборник докладов МНПК/ч.2. – СПб: СПбГАСУ, 2005.– С.157-159.
6. Кузьменко В.Н. Организация дорожного движения на кольцевых перекрестках: проблемы и перспективы развития. // БЕЗПЕКА ДОРОЖНОГО РУХУ УКРАЇНИ. – К.: ГНИЦ БДД ДДПСММ МВС України. – 2006/1-2.
7. Кузьменко В.Н. Выбор и назначение параметров кольцевых перекрестков при их проектировании. // 59-я научно-техническая конференция профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов Белорусского национального технического университета, БНТУ 2006.