

УДК 656.13.08

*Д. В. КАПСКИЙ, кандидат технических наук, В. Н. КУЗЬМЕНКО, младший научный сотрудник, Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

## **ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ**

Рассмотрена задача выбора оптимального планировочного решения при модернизации кольцевого пересечения. Предложены критерии оптимизации – потери в дорожном движении, который оценивает не только варианты организации дорожного движения и параметры нагрузки, но и дорожные условия и специфику конфликтного взаимодействия на перекрестке. Из возможных альтернатив сделан обоснованный выбор планировочного решения.

**А**втомобильный транспорт представляет собой отрасль народного хозяйства со сложной и многообразной техникой и технологией, а также специфической организацией и системой управления. Городские перевозки пассажиров автобусами дотируются из бюджета, поэтому необходимо повысить самоокупаемость и соответственно сократить размеры дотаций на городские перевозки пассажиров. Перед предприятиями, осуществляющими городские пассажирские перевозки, всегда стоит задача оптимизации перевозочной деятельности, достижения ситуации, когда спрос на перевозки совпадал бы с предложением при минимальных транспортных издержках. Необходимо повышать качество обслуживания пассажиров и снижать затраты на организацию перевозок. Этого можно достичь путем оперативного регулирования организации работы подвижного состава на маршрутах.

Как известно, перекрестки с круговым движением занимают промежуточное положение между нерегулируемым и регулируемым перекрестками и являются саморегулируемыми. Они способствуют снижению количества аварий с пострадавшими до 50 % по сравнению с перекрестками стандартной конфигурации (причем неважно, с наличием или без светофорного регулирования). Более того, резко сокращается количество конфликтных точек (остаются лишь менее опасные конфликтные точки слияния и отклонения), ликвидируются 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 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, 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 в ожидании интервала для выезда на перекресток. На кольцевых перекрестках наблюдается снижение экологических потерь из-за плавного, равнозамедленного движения транспортных потоков (снижается количество торможений, остановок, разгонов).

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

Однако некоторые кольцевые перекрестки (из-за 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 мин) на высоконагруженных направлениях.

Одним из таких перекрестков в Минске является площадь Бангалор – пересечение улиц Богдановича, Орловская 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 (рисунок 1).

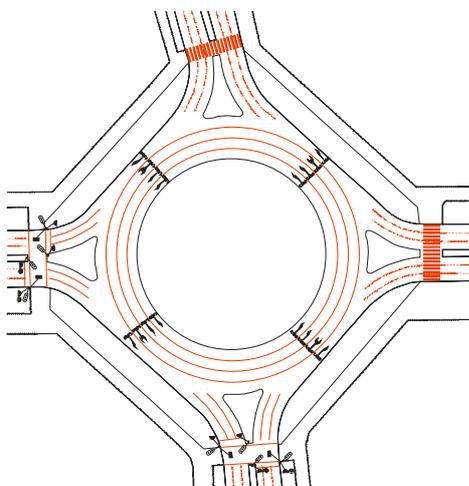


Рисунок 1 – Существующая планировка перекрестка

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 ул. Богдановича со стороны ул. Кульман и ул. 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 близко расположенного регулируемого пешеходного перехода через ул. Богдановича при включении запрещающего сигнала для транспорта нарастает очередь автомобилей, движущихся с кольца на выезд с перекрестка, из-за которой закупоривается соседний с ним вход со стороны ул. Орловская. И пока очередь из автомобилей перед выездом с перекрестка не уменьшится, транспортный поток, движущийся с ул. Орловская, 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 Богдановича приводит к увеличению автомобилей на кольце перед входом по ул. Сурганова. Транспортный поток с ул. Сурганова вынужден сначала пропустить транзитный и левоповоротный потоки с ул. Богдановича и только в оставшееся время разрешенного сигнала может выехать на кольцо.

При движении по кольцу по третьей и четвертой полосам водителям необоснованно предписано двигаться только налево. Однако 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. Орловская на ул. Богдановича и такого же по величине правоповоротного потока в обратном направлении. Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов составляют 1.300.000 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 (рисунок 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 одновременность конфликтов и пр.

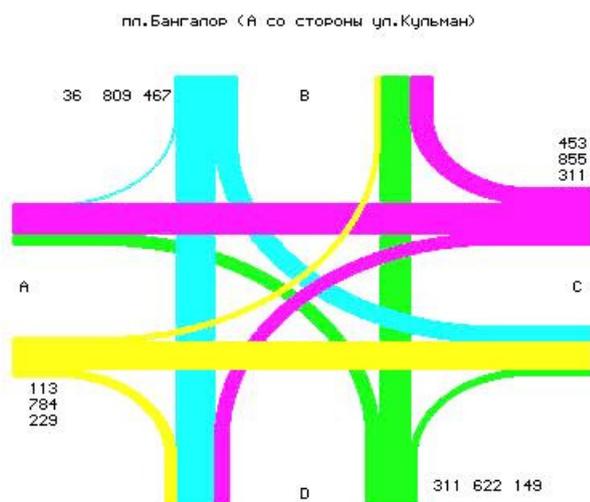


Рисунок 2 – Картограмма интенсивности движения

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 (рисунок 3, а); полное регулирование на всех въездах (турбина) (рисунок 3, б); разрез центрального островка вдоль самой нагруженной магистрали (ул. Богдановича) (рисунок 3, в), полный разрез вдоль двух магистралей (аналог – площадь Притыцкого) (рисунок 3, з) и стандартный перекресток (аналог – перекресток улиц Лынькова и Притыцкого) (рисунок 3, д).

Для каждого из вариантов были составлены светофорные циклы, которые имеют параметры, указанные на рисунках 4–7. Для каждого варианта рассматривался цикл длиной 84 с, поскольку на магистральных ул. Богдановича, Сурганова и Орловская существует координированное регулирование с длительностью цикла 84 с.

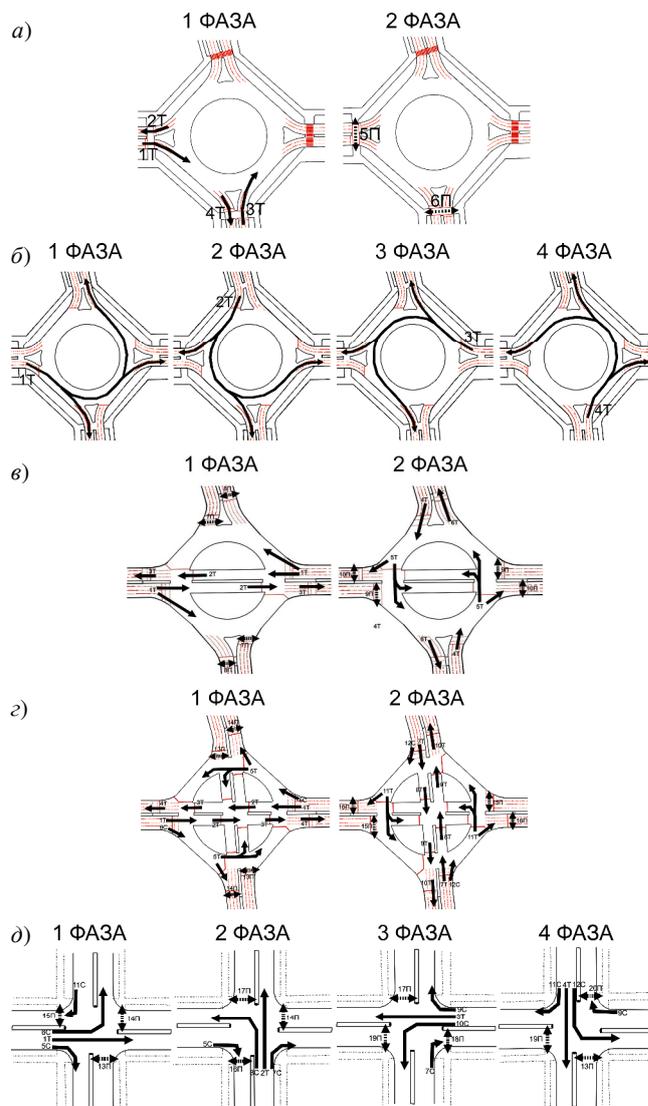


Рисунок 3 – Варианты альтернативных решений

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

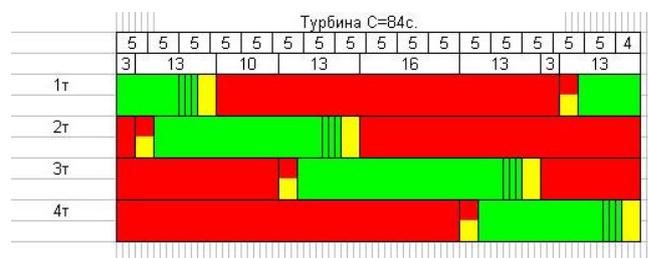


Рисунок 4 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Турбина»

Предлагаемый вариант планировочного решения (см. рисунок 5) характерен тем, что полностью меняется тип пересечения. Вместо кольцевого перекрестка проектируется обычный четырехсторонний перекресток со всеми разрешенными поворотами. Для функционирования такого перекре-



кольцу, тяжелее преодолеть двустороннее движение, чем транспортному потоку, движущемуся вразрез, 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.

Безусловными недостатками являются: 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.

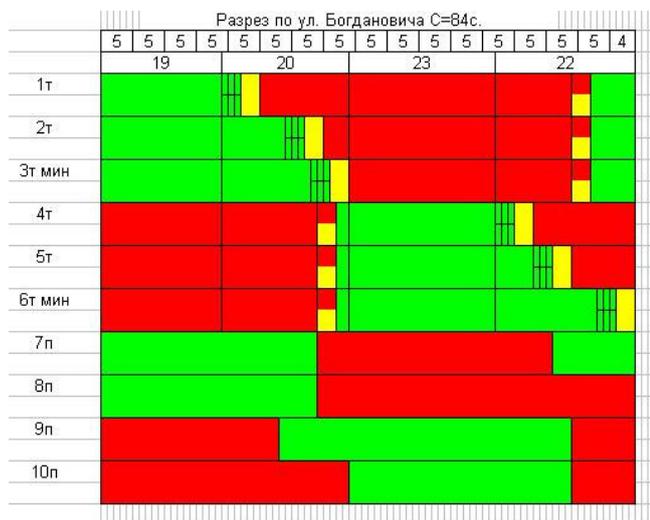


Рисунок 6 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Разрез вдоль одной магистрали»

Вариант, в котором центральный островок разрезается вдоль обеих магистралей, характерен тем, что также включает в себя элементы обычного и кольцевого перекрестков. Центральный островок разрезается по двум пересекающимся магистралям, образуя обычный перекресток внутри и элементы кольцевого перекрестка снаружи. Движение транзитного транспорта по магистралям осуществляется прямо вразрез центрального островка, а левоповоротный транспорт движется сначала по кольцу до разреза, потом легковые автомобили – вразрез, а маршрутный пассажирский транспорт и грузовые автомобили – по кольцу в объезд центрального островка. Для функционирования такого планировочного решения необходи-

мо введение светофорного регулирования, при этом очень важна координация сигналов светофора внутри перекрестка.

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

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 лучшими показателями для дальнейшего внедрения планировочного проекта.

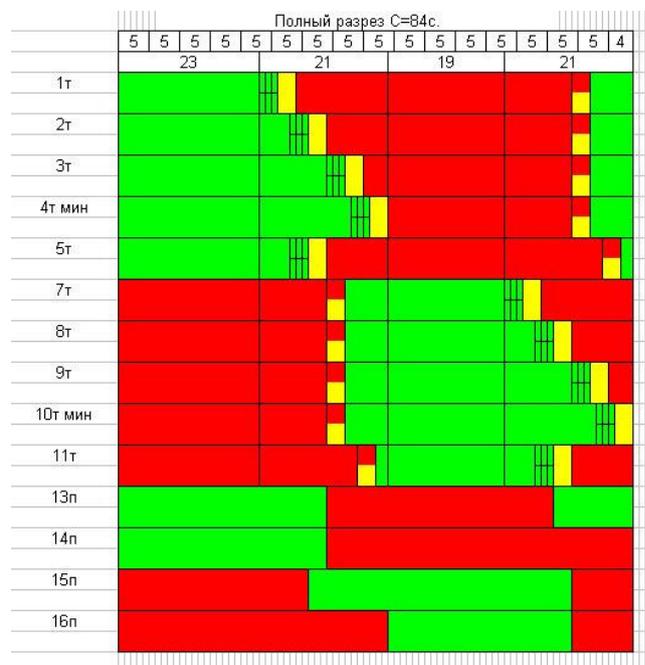


Рисунок 7 – Диаграмма светофорного цикла для варианта «Разрез вдоль двух магистралей»

Некоторые решения были визуализированы в программном комплексе TV\_VISION (рисунки 8–10).

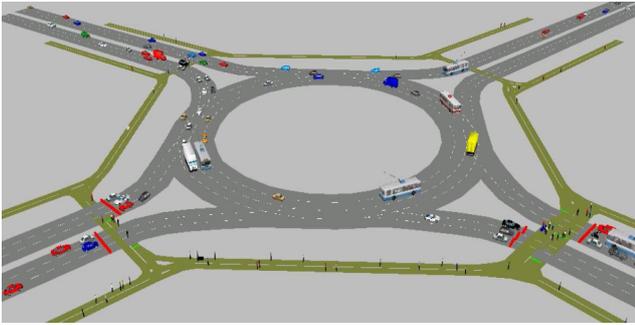


Рисунок 8 – Движение транспортно-пешеходных потоков при существующем варианте



Рисунок 9 – Движение транспортно-пешеходных потоков на стандартном перекрестке



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

Получено 10.11.2008

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 ул. Орловская 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 два 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 потоков.

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

**D. V. Kapski, V. N. Kuzmenko.** Choice organizational - plan decisions at reconstruction of round about intersections.

The problem of a choice optimum decisions is considered at modernization of roundabout intersections. It is offered criteria of optimization - losses in road traffic which estimates not only variants of the organization of road traffic and parameters of loading, but also road conditions and specificity of disputed interaction on a crossroads. The proved choice is made of possible alternatives decisions.