

УДК 656

## РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ ПОЛОЦКЕ И НОВОПОЛОЦКЕ

*д-р техн. наук, доц. Д.В. КАПСКИЙ<sup>1</sup>, А.К. ГОЛОВНИЧ<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук, доц. Т.В. ВИГЕРИНА<sup>2</sup>, В.Н. КУЗЬМЕНКО<sup>1</sup>,  
А.С. КРАСИЛЬНИКОВА<sup>1</sup>, Е.Н. ГОРЕЛИК<sup>1</sup>, С.С. СЕМЧЕНКОВ<sup>1</sup>, Е.Н. КОТ<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>(Белорусский национальный технический университет, Минск)  
<sup>2</sup>(Полоцкий государственный университет)*

*Приведен анализ серьезных недостатков в организации дорожного движения, которые приводят к большому общенациональным потерям, имеющим тенденцию к увеличению, что требует принятия решительных мер. Изложены технологические и организационные решения, базирующиеся на апробированных международных подходах, хорошо зарекомендовавших себя во многих странах мира, и, безусловно, приемлемых для городов нашей страны при обеспечении необходимых условий их использования, а также на опыте отдельных внедренных мероприятий на отечественной улично-дорожной сети. Даны предварительные практические направления решения части проблем – за счет развития системы городского пассажирского транспорта в городах Полоцке и Новополоцке. Эти мероприятия позволят кардинально повысить качество дорожного движения без больших капиталовложений; могут быть применены и в других городах Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** городской транспорт, безопасность, пассажиропоток, полоса движения, кольцевое движение, регулирование.

**Введение.** В Республике Беларусь за последние 20 лет количество автомобилей увеличилось в 4 раза и превысило 3,5 млн единиц. Это вызвало ряд проблем, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную сеть, особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, возросло количество аварий. Ежегодно в нашей стране происходят более 100 тыс. аварий. В связи с этим в значительной степени актуализировались вопросы развития общественного (городского пассажирского) транспорта, повышения его привлекательности за счет мероприятий по организации дорожного движения, что позволит решить ряд городских проблем и вытеснить личный транспорт с центральных улиц городов [1–3].

В других странах применяют следующие типы выделения полос для городского пассажирского транспорта (ГПТ):

- полоса у бордюрного камня, физически не отделена от главной дороги, может быть с цветной поверхностью или без нее (рисунок 1, а);
- полоса, которая полностью или частично отделена от главной дороги (рисунок 1, б). Полоса зарезервирована для автобусов. Может быть у бордюрного камня или посередине дороги, или полностью отдельной дорогой;
- автобусная полоса на расстоянии одной полосы от бордюра, чтобы сохранить парковочные места для автомобилей (рисунок 1, в);
- автобусная полоса, расположенная по середине дороги (рисунок 1, г);
- полоса для автобусов, на которой разрешается движение автомобилей с числом пассажиров два и более – HOV lane (рисунок 1, д);
- автобусные полосы с применением выносных посадочных площадок. Автобус останавливается в полосе без дополнительного маневрирования (рисунок 1, е);
- дополнительная автобусная полоса на подходе к участку со светофорным регулированием для обеспечения приоритетного движения автобусов через перекресток (рисунок 1, ж).

Комплексная сеть автобусных полос может повысить эффективность работы транспортной системы, увеличить количество перевезенных пассажиров, сократить автомобильные поездки и стимулировать более компактное мультимодальное развитие, где жители владеют меньшим количеством транспортных средств, меньше ездят на автомобилях и больше полагаются на ходьбу, езду на велосипеде и ГПТ.

В отчете 155 NCHRP «Использование автомобильных дорог: руководство по планированию и проектированию» [4] предложены критерии применения автобусных полос, приведенные в таблице 1.

Интегрированная сеть автобусных полос, поддерживаемая другими транспортными стратегиями, может привести к тому, что скорость передвижения при использовании ГПТ будет конкурентоспособной с автомобильными поездками. Но для этого нужны значительные вложения в инфраструктуру ГПТ, позволяющие повысить его комфорт и привлекательность, а также скорость передвижения.



а



б



в



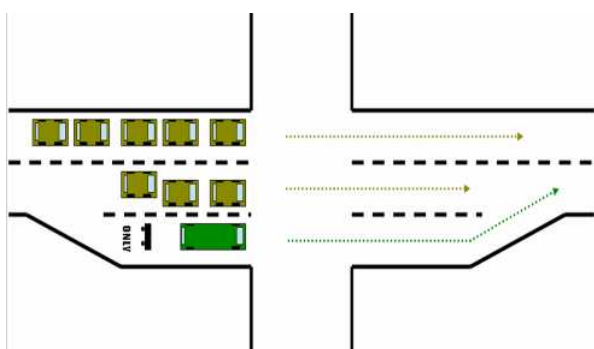
г



д



е



ж

Рисунок 1. – Типы выделенных полос для городского пассажирского транспорта

Таблица 1. – Критерии применения автобусных полос

Вид	Минимальная пиковая интенсивность движения в час		Факторы
	автобусы	пассажиры	
Автобусные улицы или торговые центры	80–100	3,2–4,0	Коммерчески ориентированное направление
Полосы у бордюрного камня, нормальный поток	50–80	2,0–3,2	Коммерчески ориентированное направление
Полосы у бордюрного камня, нормальный поток	30–40	1,2–1,6	По меньшей мере две полосы для другого трафика в одном направлении
Полосы посередине проезжей части	60–90	2,4–3,6	По меньшей мере две полосы для другого трафика в одном направлении; возможность разделения конфликтов поворотных автомобилей и автобусов
Автобусные полосы навстречу движению, короткие участки	20–30	0,8–1,2	Позволяет автобусам продолжать движение по нормальному маршруту, подойти с другой стороны или обойти скопленный транспорт перед мостом
Автобусные полосы навстречу движению, длинные участки	40–60	1,6–2,4	По меньшей мере две полосы доступны для другого трафика во встречном направлении. Расстояние более 150 м

На рисунке 2 отображены относительные скорости движения (Relative travel speeds) в зависимости от типа полос для пассажирского транспорта.

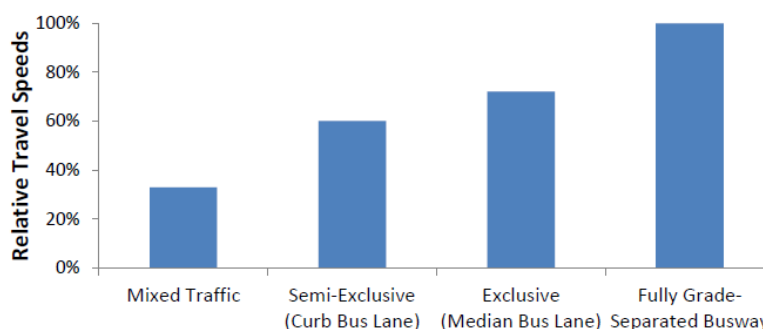


Рисунок 2. – Относительное увеличение скорости движения автобусов в зависимости от типа автобусных полос

В типичных перегруженных городских условиях обособленные полосы, расположенные у края проезжей части и сохраняющие конфликт с правоповоротным транспортом (Curb bus lane), и обособленные полосы без конфликтного движения, расположенные посередине проезжей части (Median bus lane), могут повысить скорость движения автобуса примерно в два раза по сравнению с полосами, на которых осуществляется смешанное движение (Mixed traffic) автобусов и автомобилей [5]. Полосы с более высоким уровнем обособления, на которых исключены остановки на перекрестках (Fully Grade-Separated Busway), – примерно в три раза по сравнению с полосами Mixed traffic.

Следует отметить, что сама по себе выделенная полоса для автобусов может сокращать лишь небольшую часть общего времени поездки (обычно от 2 до 10 мин в течение 30–60 мин, что меньше, чем дополнительный доступ к остановочному пункту и время ожидания, необходимое для поездок в городском пассажирском транспорте). На продолжительность поездки также влияют: доступность остановочных пунктов автобусов; время ожидания автобуса; время, затрачиваемое на посадку–высадку пассажиров; задержка автобуса на перекрестках.

Увеличение скорости и регулярность перевозок увеличивает пассажиропоток. Экономия времени на 10% обычно увеличивает пассажиропоток на 4–6%. Большие выгоды возможны, если реализация выделенных полос для автобусов сочетается с другими транспортными стратегиями (таблица 2).

Автобусные полосы непосредственно приносят пользу пассажирам автобусов, увеличивая скорость их передвижения. Они повышают пассажиропоток (пассажиро-километров за автобусо-час), что увеличивает доходы от проезда. Если новые автобусные поездки вытесняют автомобильные поездки, они уменьшают внешние издержки, включая дорожно-транспортные и автомобильные перегрузки, риск аварии и выбросы загрязняющих веществ.

Таблица 2. – Примеры транспортных стратегий

Улучшение обслуживания	Стимулирование	Изменение использования территорий
Повышенное обслуживание, которое увеличивает частоту и уменьшает скученность; более привлекательные транспортные средства; более привлекательные станции; лучшее информирование пользователей; более удобные платежные системы	Эффективное ценообразование на дороге и парковке; программы по уменьшению расстояний поездок; уменьшение тарифов; транспортный маркетинг и реклама	Более компактное и смешанное развитие вокруг частых транспортных маршрутов; улучшение условий ходьбы и езды на велосипеде; более доступное жилье вдоль частых транспортных маршрутов

Автобусные полосы влекут затраты на строительство и расходы на контроль за соблюдением установленных правил, усложняют транспортные операции, уменьшают общую пропускную способность и иногда вытесняют парковку на улице. Некоторые автобусные полосы, особенно высокопроизводительные системы BRT (Bus Rapid Transit), требуют дополнительного пространства для станций и более широких тротуаров для улучшения доступа пешеходов.

Автобусные полосы могут обеспечить существенные преимущества безопасности. Несмотря на потенциально опасные взаимодействия поворотного транспорта и автобусов, автобусные полосы обеспечивают статистически устойчивое сокращение столкновений в целом [5; 6]. В результате исследований, проведенных в Мельбурне, выявлено, что приоритетный режим городского автобуса сократил общее количество несчастных случаев на 14%, а смертельные или серьезные несчастные случаи – на 31% (от 42 до 29 ежегодных инцидентов). Меры приоритета трамвайного движения уменьшают аварийность на 13,9%, а приоритет полосы – на 19,4%, включая сокращение общего числа и серьезных аварий, а также аварийные ситуации с транспортными средствами, пешеходами и мотоциклами.

В проекте, изложенном в источнике [7], были исследованы отдельные элементы системы BRT. В таблице 3 приведены краткие выводы проводимых исследований.

Таблица 3. – Краткие выводы по результату исследований пассажирского транспорта [7]

Параметр	Эффект	Примечание
Плотность станций (станции на милю)	1,42–2,23-минутное увеличение времени маршрута на каждую станцию, добавленную за милю	На основе наблюдений и сопоставления с литературой
Использование низкопольных автобусов	8,16–9,85-минутное сокращение времени маршрута, когда автобусный парк состоит из всех низкопольных автобусов	На значение влияет уровень посадочной площадки и система сбора оплаты за проезд
Выделенные автобусные полосы	6,05–7,02-минутное увеличение времени маршрута, когда не используются выделенные полосы автобусов по сравнению с высоким уровнем выделенных полос движения	Низкий уровень выделенных автобусных полос показывает аналогичный, но меньший эффект
Плотность светофорных объектов с приоритетным движением автобусов (отношение перекрестков с приоритетным движением (TSP) к общему количеству светофорных объектов)	Эффект варьировался между наборами данных и уровнями плотности TSP, демонстрируя как увеличение, так и уменьшение времени маршрута	Эффективность TSP сильно зависит от множества местных факторов
Количество посадочных дверей	0,69–11,83-минутное увеличение времени маршрута, когда используется только одна посадочная дверь по сравнению с двумя посадочными дверями	На значение влияет система сбора оплаты за проезд

Относительно недорогие улучшения в обслуживании автобусов, такие как увеличение расстояния между станциями, многодверный посадочный салон на станции с внешним сбором платы за проезд и низкопольные автобусы, могут иметь значительные преимущества в плане сокращения времени в пути [7]. Более того, эти преимущества сопоставимы с преимуществами более глубоких усовершенствований инфраструктуры, таких как выделенные полосы. Также акцентируется внимание на то, что преимущества некоторых элементов системы BRT могут быть применимы во многих городских районах, но значительно различаться в зависимости от местных условий.

Выгоды от времени поездки увеличиваются в зависимости от класса автобусной полосы. Как показано в таблице 4, обособленные автобусные полосы более высокого класса могут сэкономить 4,5 мин на милю по сравнению с базовой полосой, тогда как полоса более низкого класса – 1,1 мин на милю.

Таблица 4. – Сравнительный анализ времени поездки в зависимости от вида автобусной полосы [5]

Параметр полосы		Экономия по сравнению с базовой полосой * (мин на милю)
Вне улицы	Приподнятая	4,5
	Частичное уровневое разделение	4,3
	На одном уровне	3,6
На улице	Полоса, расположенная по середине проезжей части	1,5
	Автобусная полоса	1,1

\* Базовая полоса – скорость движения 10 миль/ч с шестью станциями на милю

Эксплуатационные преимущества выделенных автобусных полос включают в себя сокращение времени в пути, лучшее соблюдение графика и снижение варибельности времени в пути. Степень этих преимуществ сильно варьируется в зависимости от широкого круга факторов: класса автобусной полосы, количества пересекаемых светофорных объектов, местных условий движения и др.

В качестве общих рекомендаций по выбору стратегий управления городскими дорогами можно выделить следующие:

1. Если автомобильный спрос и заторы низкие, поездки на автобусе нужно поощрять операционными улучшениями, стратегиями приоритетов на пересечениях и Правилами дорожного движения, которые требуют, чтобы автомобилисты уступили автобусам, входящим в поток движения.

2. Если автомобильный спрос и заторы умеренные, на дорогах должны быть полосы HOV, в которых размещаются автобусы и загруженные транспортные средства. По мере увеличения перегруженности минимальное количество пассажиров дорожных транспортных средств должно увеличиваться.

3. Если автомобильный спрос и заторы высокие, городские дороги должны иметь отдельные автобусные пути. Более высокую интенсивность автобусов оправдывают функции Bus Rapid Transit, включая центральные (медианные) полосы, привлекательные станции с быстрой загрузкой и улучшенный пешеходный и велосипедный доступ. Очень высокая интенсивность автобусов может оправдывать многочисленные полосы для автобусов-экспрессов, а также специальные скоростные пандусы и перекрестки [5].

*Внедрение алгоритмов приоритетного проезда в светофорное регулирование.* Технологию TSP (transit signal priority – приоритет движения на участках со светофорным регулированием) можно разделить на две категории [8; 9]:

– пассивный TSP (нет никакого взаимодействия между автобусом и светофорными объектами). Сигналы светофоров оптимизированы или скоординированы, чтобы обеспечить последовательный зеленый сигнал для движения по дороге/коридору (например, «зеленая волна»). Движение улучшено для всех транспортных средств;

– активный TSP (технология обнаружения автобуса позволяет включать нужную фазу, когда автобус приближается к перекрестку). Активный TSP требует специализированного оборудования на полосе. Активные системы TSP позволяют автобусам получать зеленый свет раньше, чем при движении без приоритета.

Многие операторы считают TSP позитивным – с рядом выгод – элементом своей сети автобусов. Отмечено, что TSP предоставляет преимущества в диапазоне 10%-го увеличения коммерческой скорости и регулярность. В Сиэтле TSP сократили время поездки до 5 мин, а также общую задержку перехода до 1,5 мин для коридора с приоритетными мерами для автобусов. В Барселоне реализация «зеленой волны» улучшила пунктуальность автобусов до 10%. «Лондонский автобус» отметил, что в среднем каждый автобус, проходящий через перекресток, оборудованный TSP, экономит не менее 2 с, тем самым обеспечивая значительную экономию времени по всему маршруту [8]. Недостатками технологии TSP являются: более низкие скорости для общего трафика (Стамбул, Лондон, Сингапур, Ванкувер); воздействие на не-приоритетные входы перекрестка и, возможно, соседние перекрестки (Лиссабон).

TSP может значительно сократить время поездки, но это преимущество может широко варьироваться в зависимости от местных условий, таких как уровни трафика в коридоре и на перекрестках улиц, тип системы TSP, а также от данных и методологии, используемых для оценки операций TSP [7].

Проводимые исследования показывают, что TSP лучше всего работает, когда ОП автобусов расположены за перекрестком и когда нет значительного пересекающего трафика, который может помешать работе TSP [7].

*Организация кольцевых развязок в одном уровне.* Кольцевые развязки в одном уровне получили широкое распространение в практике дорожного движения. Такие транспортные узлы более безопасны, чем традиционные нерегулируемые и регулируемые перекрестки.

Исследования, проведенные Институтом страхования безопасности дорожного движения (IIHS) и Федеральной администрацией автомобильных дорог г. Вашингтона, показали, что на кольцевых развязках обычно наблюдаются [10]: сокращение общих столкновений (на 37%); сокращение аварий с пострадавшими (на 75%); сокращение смертельных столкновений (на 90%); снижение столкновений с пешеходами (на 40%).

Основной причиной, по которой кольцевые развязки в одном уровне помогают снизить вероятность и тяжесть столкновений, является более низкая скорость движения при проезде узла. Водители замедляются при подходе к кольцевому узлу, т.к. скорости на кольцевой развязке из-за ее геометрических параметров обычно составляют от 25 до 35 км/ч. Кольцевые развязки исключают возможность боковых и лобовых столкновений.

При организации кольцевых развязок с небольшим радиусом центрального островка необходимо устраивать краевую полосу на центральном островке (полоса шириной до 2,0 м, расположенная с внешней стороны центрального островка и предназначенная для заезда задними колесами крупногабаритных транспортных средств, в т.ч. автобусов) (рисунок 3).



**Рисунок 3. – Кольцевая развязка с краевой полосой на центральном островке**

Кольцевые развязки в одном уровне безопасны и эффективны, но они не являются идеальным решением для всех условий. Поэтому целесообразность их применения необходимо рассматривать отдельно для каждого конкретного случая. Кольцевые развязки наиболее эффективны для транспортных узлов с высокой долей левоповоротных транспортных потоков.

В источнике [11] отмечаются следующие преимущества кольцевых узлов в одном уровне:

- низкая относительная скорость движения, что уменьшает тяжесть последствий аварий и позволяет эффективно взаимодействовать между собой транспортным средствам разных потоков;
- хорошие условия для левого поворота, который можно выполнять одновременно с нескольких полос;
- высокая пропускная способность;
- относительно невысокие удельные задержки транспортных средств;
- отсутствие необходимости в светофорном регулировании при умеренных и высоких нагрузках;
- хорошие условия для разворота крупногабаритных транспортных средств (в т.ч. маршрутных автобусов), что позволяет организовывать в таких местах конечные пункты автобусных маршрутов, а также временные развороты при закрытии отдельных участков дорожной сети.

К недостаткам кольцевых развязок можно отнести [11]:

- затрудненное пешеходное движение, что объясняется отсутствием регулирования и непрерывным транспортным потоком как на въездах в развязку, так и на выездах из нее;
- потребность в большой и ровной площади, которая в условиях города имеет значительную стоимость;
- ограниченная скорость движения прямых главных потоков (до 40 км/ч);
- некоторый перепробег прямых главных и левоповоротных потоков;
- невысокая эффективность в условиях светофорного регулирования (особенно координированного).



Таблица 5. – Возможные мероприятия в г. Полоцке, обеспечивающие снижение задержек маршрутных автобусов

Группа мероприятий	Место применения	Ожидаемый эффект	Примечание
<p>Организация выделенных полос для движения автобусов и маршрутных такси, участков проезжей части с приоритетным движением автобусов и маршрутных такси</p>	<p>2. Формирование автобусного коридора на ул. Коммунистической от ул. Е. Полоцкой до ул. Гоголя</p>	<p>3. Ожидаемый эффект</p> <p>1. Повышение скорости движения МТС 2. Упорядочивание движения на улице 3. Повышение безопасности движения пешеходов</p>	<p>4. Примечание</p> <p>Движение на западном участке улицы разрешить только маршрутным автобусам и маршрутным такси. На освобожденном от автомобилей участке ул. Коммунистической может быть проложена велодорожка (велополоса). При реализации автобусного коридора необходимо пересмотреть режим работы всех СФО на ул. Коммунистической</p>
<p>Внедрение алгоритмов приоритизации в светофорное регулирование</p> <p>Организация кольцевых развязок в одном уровне</p>	<p>2. На светофорных объектах на улице Коммунистической, если ограничить движение автомобилей на этой улице</p> <p>1. Реконструкция перекрестка ул. Богдановича – ул. Зыгина в кольцевую развязку в одном уровне. 2. Устройство кольцевой развязки в одном уровне на перекрестке улиц Космонавтов и Шмидта (в т.ч. для организации места разворота предлагаемого автобусного маршрута № 44)</p>	<p>Снижение задержек и числа остановок левоповоротных транспортных средств</p>	<p>В левоповоротном транспортном потоке с ул. Зыгина на ул. Богдановича следуют автобусы маршрутов № 2, 2э, 24, 26, 27, 28э, для которых будут существенно снижены задержки и количество остановок</p>
<p>Организация (или улучшение) локального светофорного регулирования</p>	<p>1. Ул. Октябрьская – ул. Гоголя (третья фаза для левого поворота на ул. Гоголя). Установка левой дополнительной секции светофора по направлению автобусных маршрутов. 2. Ул. Коммунистическая – ул. Гоголя (разрешение поворота направо с ул. Гоголя в течение большего периода времени в светофорном цикле). Установка правой дополнительной секции на северном подходе ул. Гоголя. 3. Ул. Юбилейная – просп. Скорины – ул. Успенская (организация светофорного регулирования). 4. Ул. Гоголя – ул. Скорины (организация светофорного регулирования). 5. Ул. Бровки – ул. 23 Гвардейцев (изменение схемы пофазного движения, корректировка диаграммы СФР)</p>	<p>Уменьшение задержек и числа остановок, повышение безопасности движения маршрутных автобусов и маршрутных такси</p>	<p>Проект светофорного объекта на перекрестке ул. Юбилейная – просп. Скорины – ул. Успенская разработан и должен быть реализован совместно с ремонтом моста через р. Зап. Двина по ул. Юбилейной.</p>

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
<p>Организация координированного светофорного регулирования</p>	<p>6. Применение СФР на нерегулируемых пешеходных переходах (НПП) через ул. П. Бровки на участке от ул. Дзержинского до ул. 23 Гвардейцев (6 ед).</p> <p>7. Введение СФР на перекрестке ул. Бровки – ул. Мариненко</p> <p>1. Ул. Зыгина – ул. Октябрьская (участок от ул. Хруцкого до ул. Е. Полоцкой)</p> <p>2. Ул. Богдановича (участок от ул. Зыгина до просп. Золдчего Иоанна)</p> <p>3. Ул. Юбилейная (участок от пр-га Скорины до ул. Октябрьской)</p> <p>4. Ул. Октябрьская (участок от ул. Гоголя до ул. Юбилейной)</p> <p>5. Ул. П. Бровки (участок от ул. Дзержинского до ул. 23 Гвардейцев)</p> <p>6. Ул. Гоголя (участок от ул. Октябрьской до ул. Коммунистической)</p>	<p>Уменьшение длительности задержек и количества остановок транспортного потока, в т.ч. маршрутных автобусов и маршрутных такси</p>	



† Таблица 6. – Возможные мероприятия в г. Новополоцке, обеспечивающие снижение задержек маршрутных автобусов

Группа мероприятий	Место применения	Ожидаемый эффект	Примечание
<p>1. Организация выделенных полос для движения автобусов и маршрутных такси, участков проезжей части с приоритетным движением автобусов и маршрутных такси.</p> <p>2. Поэтапное формирование автобусного коридора на магистрали, включающей улицу д. Экимань – ул. Молодежную – ул. Ктаторова – ул. Промышленную</p>	<p>1. Улицы д. Экимань – восточный участок ул. Молодежной (от ул. Калинина до ул. Генова)</p> <p>2. Западный участок ул. Молодежной (от ул. Калинина до ул. Ктаторова)</p> <p>3. Организация выделенной автобусной полосы на северном участке ул. Промышленной (в часы «пик» в направлении от ОАО «Нафтан» к селитебной территории города)</p> <p>4. Устройство выносных посадочных площадок на ОП автобусов на восточном участке ул. Молодежной (от ул. Калинина до ул. Генова)</p>	<p>1. Преимущество МТС с повышением скорости сообщения и привлечением новых пассажиров.</p> <p>2. Снижение интенсивности движения и уменьшение выбросов в жилой зоне д. Экимань и на восточном участке ул. Молодежной</p> <p>1. Премущество МТС с повышением скорости сообщения и привлечением новых пассажиров.</p> <p>2. Снижение интенсивности движения и уменьшение выбросов в жилой зоне, прилегающей к пл. Строителей</p> <p>1. Преимущество МТС с повышением скорости сообщения и, устранением простоев в заторах. Привлечение новых пассажиров.</p> <p>2. Снижение интенсивности движения автомобилей по ул. Промышленной в часы «пик»</p> <p>Повышение скорости сообщения МТС за счет сокращения времени подъезда и отъезда от ОП</p> <p>Снижение задержек и числа остановок маршрутных автобусов и маршрутных такси</p>	<p>4</p> <p>Ограничение движения транзитных транспортных средств по улице д. Экимань с переводом их движения на юго-западную объездную дорогу.</p> <p>Предварительное место размещения контрольного поста – мост через безымянный ручей между полосой городской больницы (Ксты) и д. Экимань</p> <p>Закрытие пл. Строителей для транзитного движения автомобилей, сохранение движения маршрутных автобусов и маршрутных такси</p> <p>Закрытие северного участка ул. Промышленной для автомобилей предлагается только в часы «пик». В межпиковые периоды сохраняется существующий режим движения на ул. Промышленной</p> <p>Альтернативный вариант выделенной полосы для автобусов на улицах, где осуществляется массовая парковка автомобилей вдоль проезжей части</p> <p>При приближении автобуса к регулируемому переходу с вызовом разрешающего сигнала пешеходом включение разрешающего сигнала для них выполняется с задержкой для пропуска автобуса</p> <p>1. На пересечении Калинина – Коласа кольцевая развязка может быть устроена до реконструкции моста на ул. Калинина и устройства развязки в разных уровнях.</p> <p>2. Вместо двух рядов расположенных регуляторов Ктаторова – Блохина и Ктаторова-Слободская может быть устроена кольцевая развязка с 5 (6) входами</p>
<p>Внедрение алгоритмов приоритизации в светофорное регулирование</p> <p>Организация кольцевых пересечений</p>	<p>Регулируемые пешеходные переходы на ул. Молодежной (вне перекрестков)</p> <p>1. Ул. Калинина – ул. Я. Коласа 2. Ул. Ктаторова – ул. Слободская и ул. Ктаторова – ул. Блохина</p>	<p>Снижение задержек и числа остановок маршрутных автобусов и маршрутных такси</p> <p>1. Снижение задержек и числа остановок транспортных средств 2. Повышение безопасности дорожного движения</p>	

Окончание таблицы 6

1	2	3	4
<p>Организация (улучшение) локального светофорного регулирования (СФР)</p>	<p>1. Светофорные объекты на ул. Молодежной  2. Применение СФР на регулируемых пешеходных переходах (НПП) через ул. Молодежную:  в первую очередь на участках с 6 полосами для движения в обоих направлениях (4 НПП на участке от ул. Генова до ул. Калинина);  во вторую – на участках с 4 полосами для движения в обоих направлениях (3 НПП на участке от ул. Генова до ул. Калинина, 2 НПП – на участке от ул. Калинина до ул. Клягорова)  3. Применение СФР на НПП через основную проезжую часть ул. Блохина (скоростная дорога), на которой расположены 7 пешеходных переходов, в т.ч. 5 оборудованы ИН</p>	<p>Уменьшение задержек и числа остановок, снижение выбросов от транспортных средств</p>	<p>Светофорное регулирование необходимо вводить на всех нерегулируемых пешеходных переходах.  В приоритетном порядке вводить светофорное регулирование следует на нерегулируемых пешеходных переходах, оборудованных искусственными неровностями (ИН) и расположенных вблизи ОП автобусов, в связи с высокой интенсивностью пешеходов и проезжающих МТС</p> <p>Большое количество ИН на коротком участке ул. Блохина уменьшает привлекательность данной дороги и противоречит одной из основных функций ул. Блохина – возможности движения транспортных потоков в объезд центральной части города</p>
<p>Организация координированного светофорного регулирования</p>	<p>1. Организация координированного СФР на участке ул. Молодежной от ул. Клягорова до ул. Калинина.  2. Организация координированного СФР на участке ул. Молодежной от ул. Калинина до ул. Генова</p>	<p>Уменьшение задержек и числа остановок транспортного потока, в т.ч. МТС</p>	

*Адаптация режимов светофорного регулирования по времени суток* является одним из методов пассивной технологии TSP. Метод предназначен для минимизации общей задержки всех транспортных средств на перекрестке.

Снижение удельной задержки автомобиля позволяет уменьшить время движения в пути, снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Например, снижение удельной задержки легкового автомобиля с бензиновым и дизельным двигателем на 1 с позволяет уменьшить выбросы CO соответственно на 0,047 и 0,02 г, грузового автомобиля с полной массой до 3,5 т с бензиновым и дизельным двигателем – соответственно на 0,075 г и 0,025 г, грузового автомобиля с полной массой свыше 3,5 т с дизельным двигателем – на 0,048 г, городского автобуса – на 0,077 г [12].

Адаптация режимов светофорного регулирования по времени суток может быть выполнена через жесткое программное либо адаптивное регулирование.

Жесткое программное регулирование основано на предварительном расчете длительности цикла и фаз регулирования. Существуют четыре подхода к расчету этих параметров [13]:

- расчет по эвристическим формулам;
- расчет, основанный на минимизации суммарной задержки транспортных средств при проезде регулируемого перекрестка;
- расчет, основанный на выравнивании загрузки всех транспортных регулируемых направлений на перекрестке;
- расчет, основанный на минимизации суммарных потерь на перекрестке.

В качестве исходных данных для расчета используется информация об интенсивности и составе транспортного потока по направлениям проезда через перекресток в течение суток, о количестве полос движения на подходах к перекрестку и их специализации, также данные о схеме пофазного движения и структуре промежуточных тактов. Кроме того, при расчете должны учитываться технологические ограничения, связанные с минимальной и максимальной длительностью фаз. Учет ограничений на минимальные длительности фаз позволяет обеспечить длительность разрешающего сигнала, достаточную для перехода пешеходами проезжей части. Учет ограничений на максимальные длительности фаз позволяет избежать запрещающего сигнала слишком большой длительности, ведущей к увеличению числа нарушений ПДД и снижению безопасности движения.

В соответствии с изначально заданным временем переключения программ управления светофорным объектом дорожный контроллер включает необходимую программу в определенное время суток.

Адаптивное регулирование заключается в том, что продолжительность светофорного цикла или отдельных его фаз изменяется в определенных пределах в зависимости от транспортной нагрузки в реальном времени. Такое регулирование возможно при наличии обратной связи, реализуемой с помощью детекторов транспорта (или пешеходов), дающих информацию о некоторых параметрах транспортного потока. Управление производится по появлению заданного интервала (разрыва) в транспортном потоке. Адаптивное регулирование хорошо работает только при низких и умеренных интенсивностях движения, а при высоких интенсивностях движения оно переходит в режим жесткого программного регулирования с максимальной длительностью тактов [11].

*Возможности применения мероприятий, направленных на снижение задержек МТС, в г. Полоцке.* Перечень возможных мероприятий и мест их применения в Полоцке представлен в таблице 5.

*Возможности применения мероприятий, направленных на снижение задержек МТС, в г. Новополоцке.* Перечень возможных мероприятий и мест их применения в Новополоцке представлен в таблице 6.

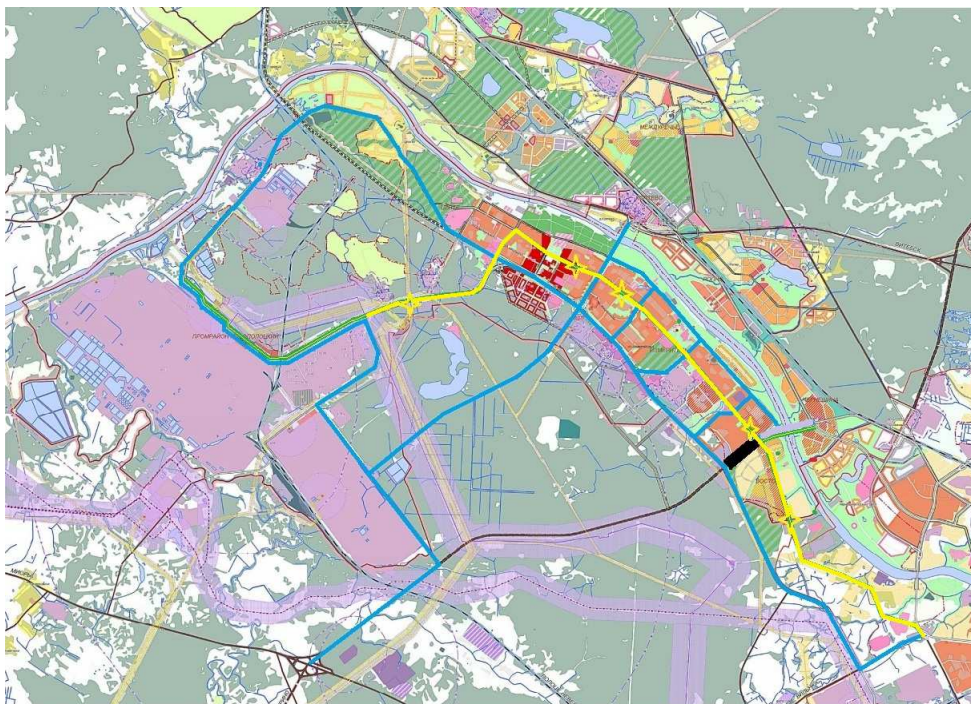
Группа предлагаемых для Новополоцка мероприятий направлена на поэтапное формирование автобусного (в перспективе – трамвайно-автобусного) коридора в соответствии с «Рекомендациями по планированию устойчивой городской мобильности: Сделаем город удобным для жизни» (рисунок 4) [14; 15]. Формирование такого коридора позволит внести существенные функциональные изменения в структуру дорожной сети города с тенденцией постепенного «вытеснения» автомобильного движения на участки сети, проходящие по периферии жилой застройки. На рисунке выделены:

а) *желтым цветом* обозначен предлагаемый региональный автобусный коридор (дорога через д. Экимань 1-я – ул. Молодежная – ул. Ктаторова – ул. Промышленная), в котором предусматриваются ограничения автомобильного движения;

б) *синим цветом* обозначены основные улицы г. Новополоцка, на которых автомобильное движение сохраняется без дополнительных ограничений для обеспечения возможности подъезда ко всем существующим объектам;

в) *черным цветом* обозначен предусмотренный Генеральным планом города участок новой магистральной улицы, который предлагается построить в первоочередном порядке для возможности удобного автомобильного движения из восточной части Новополоцка на дорогу Новополоцк – Ксты с освобождением от транзитного автомобильного движения улицы д. Экимань 1-я;

г) *голубым цветом* обозначен планируемый мост через р. Зап. Двина, который должен быть обеспечен на обоих берегах реки транспортными узлами, параметры которых будут соответствовать перспективным транспортным потокам с учетом их нового распределения по направлениям.



**Рисунок 4. – Предлагаемый региональный автобусный «коридор» в структуре дорожной сети г. Новополоцка**

**Заключение.** Дорожное движение – это самый сложный социально-производственный процесс, очень специфичный, опасный и дорогостоящий. В его организации имеются серьезные недостатки, которые приводят к большим общенациональным потерям. С ростом уровня автомобилизации эти потери будут неуклонно увеличиваться и необходимо немедленно принимать решительные меры. Именно поэтому в статье даны предварительные практические направления решения части проблем – за счет развития системы городского пассажирского транспорта в городах Полоцке и Новополоцке. Эти мероприятия позволяют кардинально повысить качество дорожного движения без больших капиталовложений.

Предлагаемые мероприятия базируются на уже апробированных международных подходах, хорошо зарекомендовавших себя во многих странах мира и, безусловно, приемлемых для городов нашей страны при обеспечении необходимых условий их применения, а также на опыте отдельных внедренных мероприятий на отечественной улично-дорожной сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире. Время действовать [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 2009. – Режим доступа: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/2/9789244563847\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/2/9789244563847_rus.pdf). – Дата доступа: 14.01.2019.
2. Аудит безопасности дорожного движения / Д.В. Капский [и др.] ; науч. ред. Д.В. Капский. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.
3. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
4. Врубель, Ю.А. Опасности в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
5. Капский, Д.В. Методология повышения качества дорожного движения / Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 372 с.
6. Исследование условий трамвайного движения на линии по ул. Красной – Коласа – Логойскому тракту в г. Минске / Д.В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XI междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 15 марта 2018 г. В 2 т. / отв. ред. Д.А. Захаров. – Тюмень, 2018. – Т. 1. – С. 56–63.

7. Аспекты безопасности как основа совершенствования пассажирских перевозок трамваем путем применения транспортных средств повышенной вместимости (на примере г. Минска) / Д.В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XI междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 15 марта 2018 г. В 2 т. / отв. ред. Д.А. Захаров. – Тюмень, 2018. – Т. 1. – С. 64–71.
8. Вибір оптимальної моделі збору та обробки інформації з метою реалізації диспетчерського управління рухом маршрутного пасажирського транспорту / Д.В. Капский [и др.] // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. / ХНАДУ. – Харків, 2018. – С. 125–129.
9. Залучення автомобільного перевізника в електронний документообіг як перспективний напрямок в області підвищення ефективності логістичних процесів / Д.В. Капский [и др.] // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. / ХНАДУ. – Харків, 2018. – С. 130–135.
10. Повышение эксплуатационных показателей работы тормозных систем трамваев за счет улучшения устойчивости и управляемости тормоза / Д.В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Тюмень, 14 марта 2019 г. В 2 т. / отв. ред. Д.А. Захаров. – Тюмень : ТИУ, 2019. – Т. 1. – С. 199–206.
11. Исследование режима движения трамваев на линии по ул. Красной – Я. Коласа – Логойскому тракту / Д.В. Капский [и др.] // Автомобиле- и тракторостроение : материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. – 2018. – С. 59–62.
12. Улучшение условий движения трамваев на ул. Красной – Я. Коласа – Логойскому тракту средствами организации дорожного движения / Д.В. Капский [и др.] // Автомобиле- и тракторостроение : материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. – 2018. – С. 55–58.
13. Капский, Д.В. Оценка возможности использования троллейбусов и электробусов в Полоцке и Новополоцке / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, С.С. Семченков // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Тюмень, 14 марта 2019 г. В 2 т. / отв. ред. Д.А. Захаров. – Тюмень : ТИУ, 2019. – Т. 1. – С. 266–273.
14. Техническое обслуживание и ремонт городского электрического транспорта. Нормы и правила проведения : ТКП 314-2011 (02190) = Система технічного абслугоування і ремонту аўтаматычных устаноў пажаратушэння, сістэм супрацьдымавай бароны, пажарнай сігналізацыі, сістэм апавяшчэння аб пажары і кіравання эвакуацыяй. Арганізацыя і парадак правядзення работ. – Введ. 15.06.2011 (с отменой на территории Респ. Беларусь РД 25 964-90). – Минск : М-во по ЧС Респ. Беларусь, 2011. – 37 с.
15. Трамваи. Требования к техническому состоянию. Методы проверки : СТБ 1841-2009. – Введ. 01.09.2009. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2009. – 24 с.

Поступила 23.06.2020

## DEVELOPMENT OF URBAN TRANSPORT IN THE CITIES OF POLOTSK AND NOVOPOLOTSK

**D. KAPSKIY, A. GOLOVNICH, T. VIGERINA, V. KUZMENKO,  
A. KRASILNIKOVA, Ye. GORELIK, S. SEMCHENKOV, Ye. KOT**

*The analysis of serious shortcomings in the organization of road traffic is given, which lead to large national losses, which tend to increase, which requires decisive measures.*

*Technological and organizational solutions based on proven international approaches that have proven themselves well in many countries of the world and, of course, acceptable for the cities of our country, provided the necessary conditions for their use are provided, as well as on the experience of certain implemented activities on street road network of our country.*

*Preliminary practical directions for solving part of the problems are given - through the development of the system of urban passenger transport in the cities of Polotsk and Novopolotsk. These measures will make it possible to radically improve the quality of road traffic without large capital investments; can be applied in other cities of the Republic of Belarus.*

**Keywords:** urban transport, safety, passenger traffic, traffic lane, ring traffic, regulation.