

БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ПРИОРИТЕТОМ АВТОБУСНОГО ТРАНСПОРТА

Рекомендации по учету вопросов безопасности дорожного движения на всех этапах планирования, проектирования и эксплуатации автобусных коридоров городского значения.

Программа института

 WORLD RESOURCES INSTITUTE

 **EMBARQ**[®]
www.embarq.org

 **WORLD BANK GROUP**



Авторы публикации:

Николэ Дудута

Старший инженер-проектировщик
транспортных систем, Программа EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»
nduduta@gmail.com

Клаудиа Адриазола-Стейл

Директор по вопросам охраны здоровья
и безопасности дорожного движения,
Программа EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»
cadriazola@wri.org

Карстен Васс

Технический директор,
Компания «Consia Consultants»
wass@consia.com

Дарио Идальго

Директор по научно-практическим вопросам,
Программа EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»
dhdalgo@embarq.org

Луис Антонио Линдау

Директор, программа EMBARQ-Бразилия
tlindau@embarqbrasil.org

Вайнит Сэм Джон

Научный аналитик, Программа EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»
vjohn@wri.org

Результат работы Центра им. Росса
по развитию устойчивых городов
при институте «World Resources Institute»

Дизайн и верстка:

Карни Клирс, графический дизайнер
cklirs@wri.org

Издание данной публикации стало возможным
благодаря финансированию фонда

**Bloomberg
Philanthropies**

Перевод публикации «Безопасность дорожного движения
в системах с приоритетом автобусного транспорта»,
опубликованной в 2014 г., World Resources Institute,
по Лицензии на работы 3.0 «Creative Commons»
Attribution-NonCommercial-NoDerivative (С указанием
авторства-Некоммерческое-Без производных)
выполнен:

**Проектом ПРООН/ГЭФ
«Устойчивый транспорт г. Алматы»**



Полноправные люди.
Устойчивые страны.

СОДЕРЖАНИЕ



i. ВСТУПЛЕНИЕ	3
ii. СВОДНОЕ РЕЗЮМЕ	4
1. КРАТКИЙ ОБЗОР	6
<hr/>	
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ	16
2. Контроль скорости движения транспорта	19
3. Рекомендации по проектированию сегментов улиц: перегонных участков и пешеходных переходов	23
4. Коридор «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро	31
5. Рекомендации по проектированию перекрестков	35
6. Коридор «Линия 4» системы БРТ «Metrobús», город Мехико	57
7. Рекомендации по проектированию остановочных комплексов	59
8. БРТ на скоростной магистрали: «Metrobús» г. Стамбул	71
9. Рекомендации по проектированию больших пересадочных узлов	87
<hr/>	
10. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ	92
11. Благодарности	106
12. Список литературных источников	107

Города и системы общественного автобусного транспорта, упоминаемые в данной публикации



ИНСПЕКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Система БРТ «Rede Integrada de Transporte», г. Куритиба
- Система БРТ «TransMilenio», г. Богота
- Система БРТ, г. Дели
- Система БРТ «Janmarg», г. Ахмедабад

ОБЩЕГОРОДСКИЕ МОДЕЛИ ЧАСТОТЫ ДТП

- г. Мехико
- г. Гвадалахара
- г. Порту-Алегри
- г. Богота

СБОР И АНАЛИЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

- Коридор «Линия 2» системы БРТ «Metrobús», г. Мехико
- Система БРТ «Masrobús», г. Гвадалахара
- Система БРТ «TransMilenio», г. Богота
- Система БРТ «Megabus», г. Перейра
- Система БРТ, г. Сантьяго-де-Кали
- Система БРТ SIT, г. Арекипа
- Сеть выделенных автобусных коридоров, г. Белу-Оризонти
- Система БРТ «Voqueirao and South Line», г. Куритиба
- Выделенный автобусный коридор «South East Busway», г. Брисбен
- Система БРТ, г. Дели
- Сеть выделенных автобусных коридоров, г. Сан-Паулу
- Система БРТ «MetroBüs», г. Стамбул

АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В АВТОБУСНЫХ КОРИДОРАХ

- Коридоры Линия 3, Линия 4 и Линия 5 системы БРТ «Metrobús», г. Мехико
- Коридоры сети SIT, г. Арекипа, Перу
- Коридоры «C. Machado» и «Dom Pedro II» сети выделенных автобусных коридоров, г. Белу-Оризонти
- Коридор «Antonio Cerlos» выделенный автобусный коридор, г. Белу-Оризонти
- Коридор «TransCarioca» сети БРТ, г. Рио-де-Жанейро
- Коридор «TransOeste» сети БРТ, г. Рио-де-Жанейро
- Система БРТ, г. Измит, Турция

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

- Министерство транспорта, Колумбия, 2011 г.
- Компания «Transmilenio S.A.», 2011 г.
- Администрация г. Мехико, 2011 г.
- Министерство дорог и транспорта штат Халиско, 2011 г.
- Компания «Estudios, Proyectos y Señalización Vial S. A. de C.V.», 2011 г.
- Компания-перевозчик системы общественного транспорта «Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC)», г. Порту-Алегри, 2011 г.
- Компания «Matricial Engenharia Consultiva Ltda.», 2011 г.
- Компания «Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S. A. (BHTrans)», 2011 г.
- Компания «Urbanização de Curitiba S. A. (URBS)», 2011 г.
- Инженерная компания «Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo», 2011 г.
- Полиция г. Дели, 2010 г.
- Отдел безопасности дорожного движения и управления дорожными системами, г. Брисбен, штат Квинсленд, Австралия, 2009 г.
- Институт городского транспорта г. Лима, 2012 г.
- Управление общественного транспорта г. Стамбул (IETT)

ВСТУПЛЕНИЕ

Инвестиции развивающихся городов мира в высококачественные системы общественного транспорта помогают значительно повысить безопасность дорожного движения, одновременно удовлетворяя растущие потребности городского населения в мобильности.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, в результате дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) на дорогах мира каждый год умирает более 1,2 миллиона человек, причем большинство ДТП со смертельным исходом происходит в странах с низким и средним уровнем дохода и быстро растущей автомобилизацией. В отсутствие эффективных мер вмешательства стратегического характера ожидается дальнейшее ухудшение этой ситуации, и к 2030 году транспортные аварии могут стать пятой по значимости причиной преждевременной смертности в мире.

Желая положить конец этой неприемлемой тенденции, Организация Объединенных Наций объявила 2011–2020 годы «Десятилетием действий по обеспечению безопасности дорожного движения (БДД)». Программа EMBARQ и Всемирный банк активно участвуют в реализации задач инициативы «Десятилетие действий по БДД» и помогают достичь ее амбициозной цели – к 2020 г. добиться двукратного сокращения глобальной смертности в результате ДТП.

Данная публикация является важной частью этой работы. В ней акцентируется внимание на уникальной возможности: растущие инвестиции в организацию систем скоростного автобусного сообщения (систем БРТ) и других систем с приоритетом автобусного транспорта, которые сегодня осуществляются в городах по всему миру, можно использовать для достижения двух целей: не только для удовлетворения растущих потребностей населения в мобильности, но и для повышения безопасности на дорогах. Мы становимся свидетелями того, как быстро в последние годы растет число вводов в эксплуатацию новых систем БРТ, так как успехи городов Латинской Америки, первыми внедривших системы БРТ, вдохновили города в других регионах мира на аналогичное улучшение своих систем общественного транспорта.



Марк Н. Джуель
Менеджер по прикладным практикам в сфере транспорта
Группа Всемирного Банка
Транспорт и ИКТ



Хольгер Долкманн
Директор
Программы EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»



Клаудиа Адриазола-Стейл
Директор по вопросам охраны здоровья
и безопасности дорожного движения,
Программа EMBARQ,
Институт «World Resources Institute»

Недавно восемь международных банков развития приняли на себя обязательство направить в ближайшие десять лет 175 млрд долларов США на цели развития устойчивого транспорта, что будет способствовать дальнейшему вводу в эксплуатацию растущего числа таких систем.

Доказательная база, собранная в данной публикации, ясно свидетельствует о том, что высококачественные системы общественного транспорта приносят существенную пользу в повышении безопасности дорожного движения на тех улицах, где эти системы реализованы, выражающуюся, в том числе, в снижении травматизма и смертности в результате ДТП, вплоть до 50 процентов. Но для того, чтобы добиться таких показателей, важно сделать все возможное, проверить и убедиться, что новые системы строятся с инфраструктурой высокого качества и с соблюдением требований безопасности. В этой публикации предоставляются подробные, основанные на реальных данных, рекомендации по учету требований безопасности дорожного движения на всех этапах планирования, проектирования и эксплуатации автобусных коридоров различных типов, разработанные исходя из анализа фактических данных, а также по результатам аудитов и инспекций систем БРТ и автобусных коридоров по всему миру на предмет безопасности дорожного движения.

Мы призываем планировщиков, проектировщиков, инженеров и лиц принимающих решения, использовать предложенные здесь рекомендации в процессах проектирования и организации новых систем с приоритетом автобусного транспорта, чтобы гарантировать, что новые системы общественного транспорта полностью реализуют присущий им потенциал по повышению безопасности дорожного движения и качества жизни населения.

СВОДНОЕ РЕЗЮМЕ

В последние годы, системы скоростного автобусного сообщения (системы БРТ) и другие системы с приоритетом автобусного транспорта стали привлекательным решением для покрытия потребностей населения городов в мобильности, ввиду их относительно низкой капитальной стоимости и коротких сроков строительства по сравнению с сетями рельсового сообщения.

Поскольку такие системы общественного транспорта набирают все большую популярность¹, на эту тему появился ряд исследований и сборников рекомендаций по проектированию, описывающих существующие варианты проектирования таких систем и получающиеся различия в итоговых эксплуатационных характеристиках этих систем, а также освещающих некоторые институциональные проблемы, с которыми можно столкнуться при организации таких систем (см. Rickert 2007; Hidalgo and Carrigan 2010; and Moreno González, Romana, and Alvaro 2013).

Однако, среди прочих характеристик систем с приоритетом автобусного транспорта, такой аспект как безопасность дорожного движения, как правило, освещается не настолько хорошо, как ряд значительно лучше задокументированных улучшений, как: сокращение продолжительности поездки, снижение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, повышение стоимости земель и объектов недвижимости вдоль транспортного коридора. Наше исследование наглядно демонстрирует, что системы с приоритетом автобусного транспорта приводят к значительному повышению безопасности дорожного движения и сокращению числа ДТП с тяжелыми травмами и смертельным исходом более чем на 50% на тех улицах, где такие системы реализованы (Duduta, N., L. A. Lindau, and C. Adiazola-Steil. 2013.). Исходя из этого, по

нашим подсчетам, на долю такой характеристики как повышенная безопасность, обычно приходится от 8% до 16% от общего объема экономических преимуществ, получаемых за счет внедрения данных систем общественного транспорта (Рисунок 1)².

Настоящая публикация – это продукт обширного научно-исследовательского проекта, изучавшего именно эту характеристику систем с приоритетом автобусного транспорта – безопасность дорожного движения. Исследование проводилось путем анализа фактических данных, результатов аудитов и инспекций тридцати автобусных сетей и коридоров с приоритетом автобусного транспорта по всему миру на предмет безопасности дорожного движения, а также путем микромоделирования влияния мер повышения безопасности на операционные показатели.

Эта публикация была подготовлена в качестве практического руководства для транспортных проектировщиков, инженеров и городских архитекторов, участвующих в процессах планирования и проектирования систем с приоритетом автобусного транспорта. Здесь рассматривается целый ряд различных типов систем и коридоров, начиная с неизолированных от смешанного потока боковых

Рисунок 1 Повышение безопасности дорожного движения в виде доли общего объема экономических преимуществ за счет внедрения типичной латиноамериканской системы БРТ.



На долю повышенной безопасности дорожного движения приходится до 16% от общего объема экономических преимуществ, получаемых за счет внедрения типичной латиноамериканской системы БРТ.

полос с приоритетом автобусного транспорта до осевых многополосных коридоров БРТ большой пропускной способности. Мы определяем основные факторы риска и распространенные ситуации, в которых происходят ДТП, и предлагаем проектные решения для их устранения. Мы также рассматриваем вопрос, как основные проектные решения влияют на эксплуатационные характеристики системы автобусного сообщения, с акцентом на пропускную способность, продолжительность поездки и требования к численности парка подвижного состава.

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭТО РУКОВОДСТВО

В этом руководстве представлен комплексный обзор разнообразных аспектов, которые необходимо учитывать на различных этапах планирования, проектирования и эксплуатации системы с приоритетом автобусного движения для обеспечения итоговой безопасности дорожного движения в этой системе. Данное руководство, в первую очередь, предназначено для использования применительно к автобусным системам общественного транспорта с высокой пропускной способностью в городах развивающихся стран мира, и основывается, главным образом, на данных научных исследований, проведенных в этих регионах. Тем не менее, многие выводы и рекомендации, содержащиеся в данном руководстве, также можно применять и к городам развитых стран, а также к системам рельсового сообщения, в частности, к коридорам трамвайного и легкорельсового транспорта.

Наши выводы, сделанные на основании многочисленных фактических данных, показывают, что основные риски для безопасности в любом коридоре системы общественного транспорта обуславливаются, в большей степени, его геометрической конструкцией, нежели чем используемой технологией (автобусный или рельсовый коридор) или регионом мира, где он расположен. Например, одним из самых распространенных видов столкновений общественного транспорта, идущего по полосе, размещенной по оси магистральной артерии, является столкновение с поворачивающими автомобилями. Данное наблюдение одинаково истинно и для системы БРТ (автобус) в Рио-де-Жанейро, и для коридора скоростного легкорельсового сообщения (трамвай) в Соединенных Штатах (Duduta et al. 2012.; Klaver Pecheux, K., and H. Saporta. 2009.). Однако, это не означает, во всех системах можно применять одни и те же контрмеры. В разных городах состав видов транспорта на дорогах, нормы проектирования улиц и общий уровень соблюдения правил и знаков дорожного движения может сильно различаться.

В разделе **Краткий обзор исследования** излагаются основные выводы исследования. Эти выводы дополнительно поясняются в разделе **Исследование и анализ**, в котором также рассматриваются вопросы повышения общей безопасности дорожного движения, которого можно ожидать за счет внедрения различных типов систем с приоритетом автобусного транспорта. В этом разделе мы также обсудим различные методологии оценки влияния на безопасность тех или иных проектных решений, а также методики подсчета экономического выражения преимуществ, получаемых в результате повышения безопасности дорожного движения. Далее мы проиллюстрируем описанные методологии примерами из городов Богота, Мехико, Гвадалахара, Ахмадабад и Мельбурн. Содержание этих разделов актуально на ранних стадиях планирования проекта и при принятии решений о финансировании, так как наши рекомендации помогают понять, какой вклад учет вопросов безопасности вносит на стадии анализа затрат и преимуществ, а также на этапе рассмотрения альтернативных вариантов.

В разделе **Рекомендации по проектированию** предоставляются аннотированные иллюстрации типовых конфигураций улиц и перекрестков, где проходят коридоры с приоритетом автобусного транспорта. Рекомендации по проектированию сгруппированы по следующим категориям:

- **Сегменты улиц, перегонные участки улиц и пешеходные переходы**
- **Перекрестки**
- **Остановочные комплексы**
- **Основные пересадочные узлы**

Представленные концепции проектирования не привязаны к каким-либо конкретным регионам и могут использоваться в самых разнообразных контекстах. Кроме того, мы представляем **тематические исследования** для иллюстрации прикладных вариантов применения этих концепций. Для анализа влияния наших концепций проектирования, которые ставят во главу угла повышение безопасности, на работу системы БРТ, мы приводим в пример систему БРТ в г. Рио-де-Жанейро, по которой было проведено микросимуляционное моделирование. В тематическом исследовании по г. **Мехико** мы рассматриваем вариант организации коридоров с приоритетом автобусного движения на узких улицах исторического центра города, а в тематическом исследовании г. **Стамбул** освещается работа системы БРТ, организованной на скоростной автомагистрали (экспресс-маршрут). Пример Стамбульской системы БРТ «Metrobiş» повторно используется для описания возможного варианта проектирования остановочного комплекса в экспресс-коридоре.

ГЛАВА 1

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЯ

Степень повышения безопасности дорожного движения в том или ином коридоре за счет внедрения системы с приоритетом автобусного транспорта зависит от характеристик проектируемой системы и исходной организации рассматриваемой улицы.

1.1 ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ С ПРИОРИТЕТОМ АВТОБУСНОГО ТРАНСПОРТА

В городах развивающихся стран, внедрение систем БРТ с осевым размещением коридоров (по центру улицы) обычно оказывает положительное влияние на повышение безопасности дорожного движения (таблица 1). Кроме того, результаты исследования, проведенного в Австралии, свидетельствуют о том, что в принципе внедрение любых систем с приоритетом автобусного транспорта (в том числе, коридоров, где приоритет определяется светофорным регулированием и выделенными полосами) также оказывают положительное влияние на повышение безопасности. Тем не менее, другие исследования, проведенные в США, показывают противоположные результаты: здесь наблюдается, что некоторые виды организации автобусных полос обуславливают более высокую частоту ДТП.

Наше исследование показывает, что такие различия влияния на безопасность обусловлены не столько типом организуемой автобусной системы, сколько изменениями, которые претерпевает изначальная инфраструктура улицы при размещении на ней автобусной инфраструктуры. Основной причиной, обусловившей положительное влияние латиноамериканских систем БРТ на повышение безопасности дорожного движения, явился тот факт, что города в Латинской Америке принимали определенный пакет схожих мер для приспособления своих улиц к инфраструктуре БРТ, а именно: сокращалось общее число полос на проезжей части, устраивалась разделительная полоса по центру улицы,

пешеходные переходы укорачивались и на большинстве перекрестков были запрещены левые повороты (Рисунок 2). Наши модели частоты ДТП показывают, что все эти инфраструктурные изменения оказывают положительное влияние на повышение безопасности (Таблица 2). Проведенный нами анализ влияния систем с приоритетом автобусного транспорта на повышение безопасности дорожного движения подтвердил эти результаты по ряду систем БРТ, где были реализованы все перечисленные характеристики (например, система БРТ «Macrobus», г. Гвадалахара, Рисунок 3).

Повышение безопасности за пределами коридора

Сокращение общего числа полос проезжей части улицы при внедрении систем с приоритетом автобусного транспорта снижает пропускную способность этой улицы для смешанного транспорта. И хотя в этой связи можно было бы обеспокоиться, что транспортный поток, перенаправленный на параллельные улицы, может привести к увеличению аварий на этих других улицах, анализ данных из г. Гвадалахара доказывает, что этого не происходит. Мы включили в анализ 3-х километровую буферную зону по обе стороны коридора, чтобы охватить несколько основных магистралей, которые проходят параллельно коридору БРТ. Мы обнаружили, что число ДТП в буферной зоне (помимо самого коридора БРТ) снизилось на 8% по сравнению с показателями за аналогичный прошлый период – эта тенденция прослеживалась и в остальной части города. Данный факт свидетельствует о том, что повышение безопасности дорожного движения, наблюдаемое в самом коридоре БРТ г. Гвадалахара (таблица 3), произошло не за счет увеличения числа ДТП на параллельных улицах.

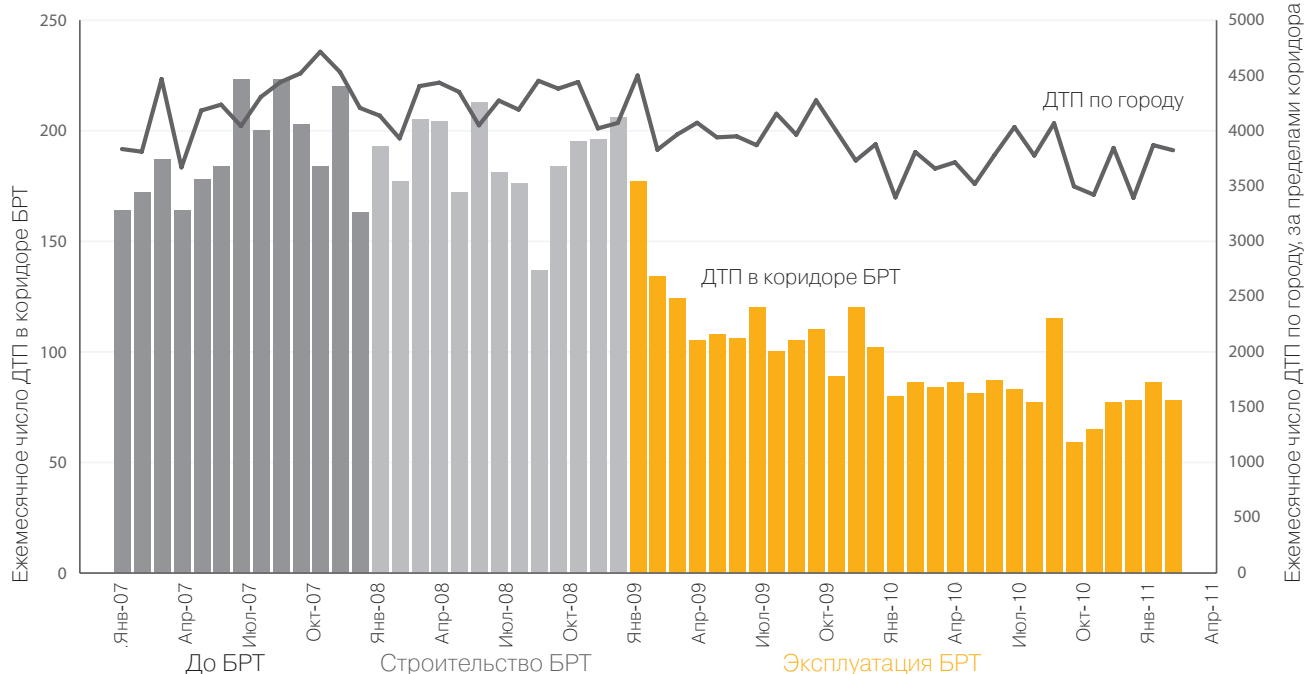
Таблица 1 Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет внедрения систем с приоритетом автобусного транспорта

	% изменения в числе ДТП	95 % доверительный интервал	Источник
Система БРТ на магистралях (страны Латинской Америки)			
ДТП со смертельным исходом	-47 %	(-21 %; -64 %)	Анализ программы EMBARQ
ДТП с травмами	-41 %	(-35 %; -46 %)	
Все ДТП	-33 %	(-29 %; -36 %)	
Система БРТ на магистралях (Латинская Америка и Индия)			
ДТП со смертельным исходом	-52 %	(-39 %; -63 %)	Анализ программы EMBARQ
ДТП с травмами	-39 %	(-33 %; -43 %)	
Все ДТП	-33 %	(-30 %; -36 %)	
Сеть коридоров с приоритетом автобусного транспорта (Австралия)			
Все ДТП	-18 %	Нет данных	Go et al. 2013 г.
Сеть полос, выделенных для автобусов и транспорта с высокой пассажирозаполненностью на период часа пик (Соединенные Штаты Америки)			
ДТП без указания степени тяжести	+61 %	(+51 %; +71 %)	Elvik and Vaa 2008 г.
Сеть полос, выделенных для автобусов на период часа пик (Соединенные Штаты Америки)			
ДТП с травмами	+12 %	(+4 %; +21 %)	Elvik and Vaa 2008 г.
ДТП с повреждением имущества	+15 %	(+3 %; +28 %)	
Изолированные полосы для автобусов и такси (Соединенные Штаты Америки)			
ДТП с травмами	+27 %	(+8 %; +49 %)	Elvik and Vaa 2008 г.
ДТП без указания степени тяжести	-4 %	(-8 %; 0)	

Рисунок 2 Изменения в инфраструктуре улицы при размещении на ней типичной латиноамериканской системы БРТ (здесь – система БРТ «Macrobus», г. Гвадалахара) и сопутствующее повышение безопасности дорожного движения



Рисунок 3 Число ДТП на проспекте Calzada Independencia, г. Гвадалахара, 2007–2011 гг.



Источник: График составлен на основании статистических данных, предоставленных Министерством дорог и транспорта штата Халиско, 2011 г.

Таблица 2 Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет изменений в общей инфраструктуре улиц при внедрении системы с приоритетом автобусного транспорта

	Тип ДТП	% изменения числа ДТП	95 % доверительный интервал
Преобразование четырехстороннего перекрестка в два смежных трехсторонних перекрестка	С тяжелыми последствиями	-66 %	(-1 %, -88 %)
	Всех типов	-57 %	(-37 %, -70 %)
Удаление одной полосы для движения смешанного транспорта	С тяжелыми последствиями	-15 %	(-11 %, -17 %)
	Столкновение транспортных средств	-12 %	(-9 %, -15 %)
Укорачивание пешеходных переходов (на каждый метр укорочения)	С тяжелыми последствиями	-2 %	(-0.04 %, -4 %)
	С участием пешеходов	-6 %	(-2 %, -8 %)
Запрет левого поворота на главных коридорах	С тяжелыми последствиями	-22 %	(-12 %, -32 %)
	Столкновение транспортных средств	-26 %	(-10 %, -43 %)
Устройство центральной разделительной полосы	С тяжелыми последствиями	-35 %	(-8 %, -55 %)
	Столкновение транспортных средств	-43 %	(-26 %, -56 %)
Организация автобусной полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку	С тяжелыми последствиями	+83 %	(+23 %, +171 %)
	Столкновение транспортных средств	+35 %	(+0.02 %, +86 %)
	С участием пешеходов	+146 %	(+59 %, +296 %)
Сокращение расстояния между светофорами (на каждые 10 м)	С тяжелыми последствиями	-3 %	(-1 %, -5 %)
	Всех типов	+2 %	(+0.03 %, +4 %)
	С участием пешеходов	-5 %	(-1 %, -7 %)
Пешеходные эстакады на скоростных магистралях	С участием пешеходов	-84 %	(-55 %, -94 %)
Пешеходные эстакады на городских магистралях	С участием пешеходов	Нет статистически значимых изменений	(-23 %, +262 %)

Однако при рассмотрении в меньшем масштабе, было отмечено несколько случаев, когда за счет внедрения системы БРТ риски ДТП перенесли на близлежащие улицы. Левые повороты были запрещены на большинстве перекрестков – это общая черта систем БРТ с осевым размещением коридора. Левые повороты были заменены кольцевым объездом вокруг квартала, то есть транспортный поток перенаправлялся по району. Некоторые наиболее хорошо спроектированные кольцевые объезды вокруг квартала не оказывали

никакого влияния на рост числа ДТП в районе, примыкающем к коридору БРТ. Однако, по крайней мере в одном случае, создание кольцевого объезда вокруг квартала привело к увеличению числа ДТП на перекрестках по маршруту этого объезда. Это говорит о том, что планирование и проектирование системы БРТ должно выходить за пределы самого коридора, и что при создании проекта важно учесть и смягчить возможные косвенные последствия. Мы освещаем эти вопросы в разделе «Рекомендации по проектированию».

Таблица 3 Результаты оценки изменения уровня безопасности дорожного движения за счет внедрения систем с приоритетом автобусного транспорта в Латинской Америке, Индии и Австралии³

Город	Изменения в системе автобусного сообщения	Изменение уровня безопасности		
		СТОЛКНОВЕНИЯ ТС	ДТП С ТРАВМАМИ	ДТП СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ
Ахмедабад	Преобразование неофициальной системы общественного транспорта в однополосную систему БРТ с осевым размещением	-32 %	-28 %	-55 %
Мехико	Преобразование неофициальной системы общественного транспорта в однополосную систему БРТ с осевым размещением	+11 %	-38 %	-38 %
Гвадалахара	Полосы с приоритетом автобусного транспорта с боковым размещением преобразованы в систему БРТ с осевым размещением, с дополнительной полосой БРТ для обгона у остановочных комплексов	-56 %	-69 %	-68 %
Богота	Выделенный автобусный коридор с осевым размещением преобразован в многополосную систему БРТ	n/a	-39 %	-48 %
Мельбурн	Обычная система автобусного сообщения преобразована в систему с приоритетом автобусного транспорта, где приоритет обеспечивается за счет возможности проезда автобуса вне очереди и светофорного регулирования	-11 %	-25 %	-100 %

ДТП с тяжелыми последствиями

Несмотря на то, что на долю ДТП с участием пешеходов приходится лишь 7 % от всех ДТП, зарегистрированных на автобусных коридорах (такой низкий показатель заставляет предположить вероятное занижение отчетности), более половины смертельных исходов в результате ДТП во всех системах с приоритетом автобусного транспорта, включенных в нашу базу данных, отмечается именно среди пешеходов (Рисунок 4). Таким образом, повышение безопасности в автобусных коридорах, в первую очередь, является вопросом предотвращения ДТП с участием пешеходов. Как правило, пешеходы подвергаются риску, когда пересекают коридор на перегонном участке улицы в неполюженном месте, часто в удалении от обозначенного перехода. Этот риск особенно высок вблизи остановочных комплексов, так как пассажиры часто пытаются пересечь автобусные полосы для входа или выхода с платформы, чтобы избежать

оплаты за проезд, или просто для того, чтобы срезать дорогу. Это говорит о том, что организация подходов к остановочным комплексам, а также более продуманное обеспечение возможности перехода для пешеходов на перегонных участках улиц, может сыграть ключевую роль в повышении безопасности на автобусных коридорах.

Рисунок 4 Число смертельных исходов в автобусных коридорах, с разбивкой по типу участников дорожного движения (включены данные из городов Мехико, Гвадалахара, Дели, Ахмедабад, Куритиба, Порту-Алегри и Белу-Оризонти)



На долю пешеходов, как правило, приходится более половины смертельных исходов в автобусных коридорах

1.2 РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ВИДЫ ДТП

ЛЕВЫЙ ПОВОРОТ ЧЕРЕЗ АВТУБУСНЫЕ ПОЛОСЫ

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ

В зависимости от скорости приближающегося автобуса, последствия ДТП могут быть весьма серьезными.

Это наиболее распространенный тип столкновения автобусов и смешанного транспорта при осевом размещении автобусного коридора. Даже в тех случаях, когда существует явный запрет, легковые автомобили пытаются совершить левый поворот в нарушение правил, что приводит к столкновениям.

Замена левого поворота кольцевым объездом вокруг квартала – это оптимальная контрмера для устранения данного вида конфликта, она освещается на страницах 39–40. Организация перекрестков с левым поворотом освещается на стр. 43.

ПОСТОРОННИЙ ТРАНСПОРТ НА АВТУБУСНОЙ ПОЛОСЕ

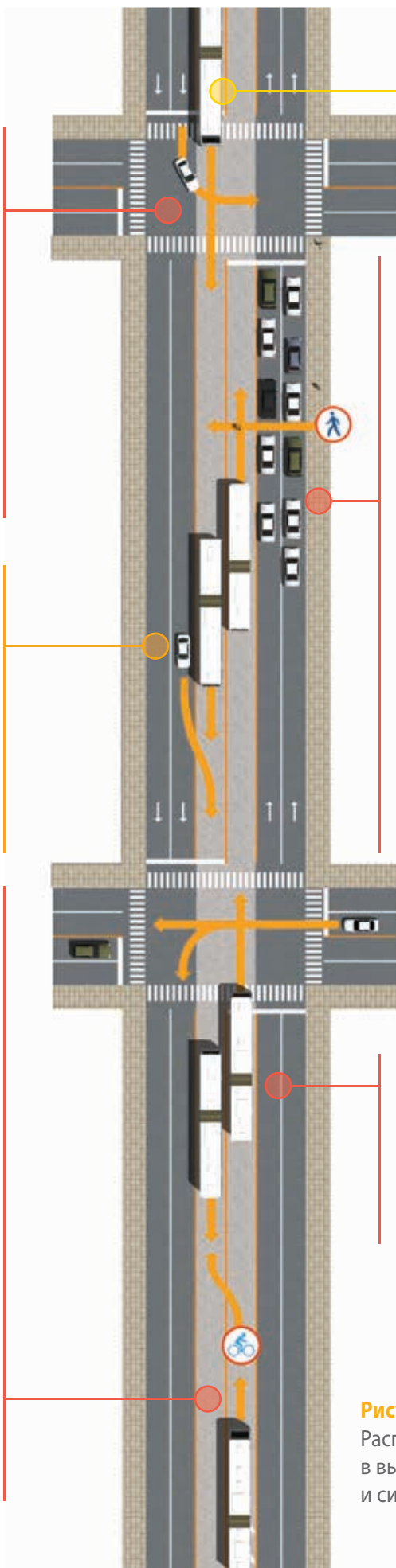
ТЯЖЕСТЬ ДТП: УМЕРЕННАЯ

Это распространенная аварийная ситуация во всех коридорах с выделенными автобусными полосами, где отсутствует прочное физическое разделение между автобусными полосами и полосами для движения смешанного транспорта. Транспорт, не имеющий права проезда по автобусной полосе, заезжает на автобусную полосу и совершает столкновение с автобусом..

ДТП С УЧАСТИЕМ АВТУБУСОВ И ВЕЛОСИПЕДИСТОВ

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ

Велосипедисты часто пользуются полосой БРТ в автобусных коридорах, где не обустроены отдельные велосипедные полосы или дорожки, в результате чего возникают конфликты и столкновения с автобусами. Особенно опасная ситуация возникает, когда велосипедист замечает приближающийся автобус БРТ и пытается освободить дорогу. В этом случае велосипедиста может сбить другой автобус на соседней полосе, или же велосипедист может потерять контроль и столкнуться с физическим ограждением, разделяющим полосы движения, что приводит к тяжелым травмам..



Сочленённый автобус

ПЕШЕХОДЫ, ПЕРЕХОДЯЩИЕ ПРОЕЗЖУЮ ЧАСТЬ В НЕПОЛОЖЕННОМ МЕСТЕ, МЕЖДУ АВТОМОБИЛЯМИ

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ

Это один из самых распространенных видов ДТП со смертельным исходом с участием транспортных средств системы БРТ.

Зачастую пешеходы пытаются перейти дорогу на перегонном участке улицы между остановившимися машинами. При этом, даже если на полосах для смешанного транспорта образовался затор и поток не движется, автобусные полосы остаются свободными и по ним на высокой скорости движутся автобусы. Обзор водителя автобуса ограничен стоящими в заторе машинами, и он может не увидеть людей, пересекающих смешанный поток; в результате автобус часто не в состоянии избежать столкновения с пешеходом.

Рекомендации по проектированию пешеходных переходов на перегонных участках улиц освещаются на страницах 24–26.

ПРОЕЗД НА КРАСНЫЙ СВЕТ

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ

Этот вид ДТП происходит, когда автобус или другое транспортное средство выезжает на перекресток на красный свет и совершает столкновение с перпендикулярно двигающимся транспортом.

Рисунок 5

Распространенные виды ДТП в выделенных автобусных коридорах и системах БРТ с осевым размещением

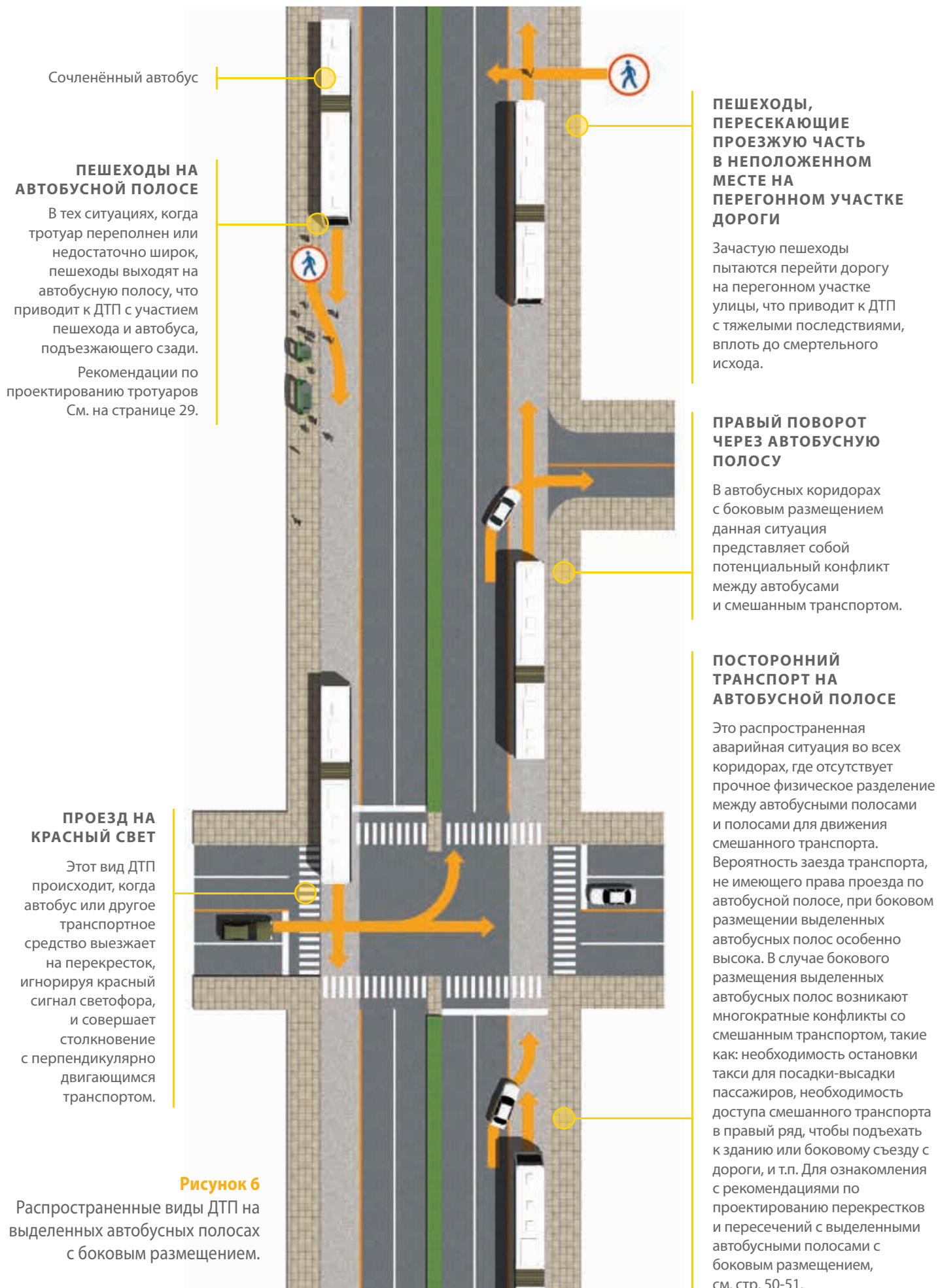
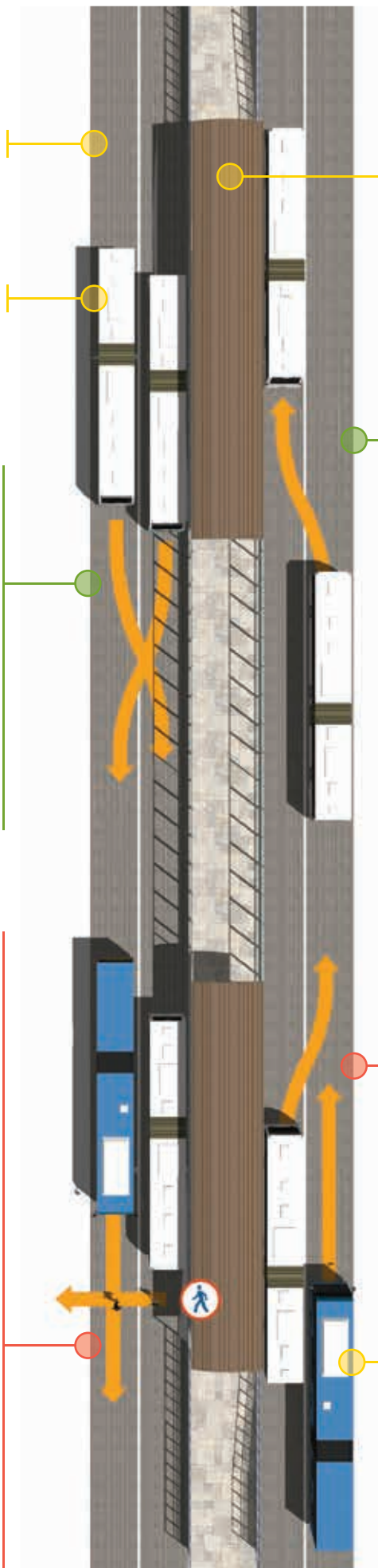


Рисунок 6

Распространенные виды ДТП на выделенных автобусных полосах с боковым размещением.



БОКОВОЕ СТОЛКНОВЕНИЕ АВТОБУСОВ У ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

ТЯЖЕСТЬ ДТП: НИЗКАЯ

Обычно не приводит к травмам. В число наиболее распространенных повреждений автобусов при этом ДТП входят разбитые боковые зеркала, иногда разбитые окна..

ДТП происходит, когда один автобус пытается отъехать от остановочного комплекса, а другой автобус пытается подъехать к нему с боковой полосы, например, с полосы для экспресс-маршрута.

ДТП С УЧАСТИЕМ АВТОБУСОВ И ПЕШЕХОДОВ НА ВЫДЕЛЕННОЙ АВТОБУСНОЙ ПОЛОСЕ

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ.

Это наиболее распространенный тип ДТП со смертельным исходом с участием автобусов системы БРТ.

Когда пешеходы пытаются уклониться от платы за проезд путем входа и выхода с остановочного комплекса системы БРТ в неположенном месте между автобусом и остановочной платформой, происходят тяжелые аварии. Еще один вариант данного вида ДТП может произойти, когда пешеходы пытаются пересечь автобусную полосу просто чтобы срезать дорогу и не проходить через загруженную людьми платформу. При этом водители автобусов-экспрессов могут не видеть платформу остановочного комплекса, загороженную автобусами, которые делают здесь остановку.

См. Тематическое исследование частоты ДТП с участием пешеходов на остановочных комплексах в г. Стамбул на страницах 74–79.

Платформа остановочного комплекса с несколькими остановочными секциями

ПОПУТНОЕ ЗАДНЕЕ СТОЛКНОВЕНИЕ АВТОБУСОВ У ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

ТЯЖЕСТЬ ДТП: НИЗКАЯ

Происходит на низких скоростях и, как правило, результатом этого ДТП является только незначительное повреждение автобусов.

ДТП происходит, когда останавливающийся автобус близко подъезжает к уже остановившемуся автобусу, чтобы подойти вплотную к платформе остановочного комплекса, однако его скорость слишком высока, и он допускает столкновение с впереди стоящим автобусом.

АВТОБУСЫ НА МЕСТНЫХ МАРШРУТАХ, ПЕРЕСТРАИВАЮЩИЕСЯ НА ПОЛОСЫ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-МАРШРУТОВ И ДОПУСКАЮЩИЕ СТОЛКНОВЕНИЕ С АВТОБУСАМИ-ЭКСПРЕССАМИ.

ТЯЖЕСТЬ ДТП: ВЫСОКАЯ

Из-за высокой разности скоростей, а также высокого коэффициента загрузки БРТ, даже одно ДТП этого типа часто выливается в десятки различных травм.

В многополосных системах БРТ с отдельными полосами для экспресс-маршрутов, этот тип ДТП потенциально может иметь тяжелые последствия. Автобусы, обслуживающие местные маршруты, отходя от остановочного комплекса и перестраиваясь на полосу для экспресс-маршрутов, допускают столкновение с автобусами-экспрессами, проходящими мимо остановочного комплекса на более высоких скоростях. Рекомендации по проектированию остановочных комплексов в многополосных системах БРТ см. на стр. 68

Сочлененный автобус-экспресс

Рисунок 7

Распространенные виды ДТП у главных остановочных комплексов многополосной системы БРТ

1.3 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Конфигурация улиц и перекрестков

Полученные нами результаты моделирования частоты ДТП показывают, что ширина проезжей части, а также размеры и сложность перекрестков, являются наиболее значимыми факторами, обуславливающими частоту ДТП в автобусных коридорах. Это вполне понятно, поскольку в большинстве автобусных коридоров из нашей выборки, только порядка 9% всех ДТП происходит на автобусных полосах, тогда как подавляющее большинство ДТП происходит на полосах для движения смешанного транспорта без участия автобусов. Количество улиц, примыкающих к перекрестку, является одним из ключевых факторов, определяющих частоту ДТП; еще одним важным фактором является число полос движения на каждом примыкании и максимальная протяженность пешеходного перехода (Таблица 8, Таблица 4). Перекрестки, где транспорту с перпендикулярных направлений разрешено пересекать автобусный коридор, представляют собой большую опасность, чем перекрестки, на которых разрешены только правые повороты. Модели частоты ДТП, а также их результаты, более подробно освещаются в пункте 10.1.

Размещение автобусных полос

Организация автобусных полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, в городах Мехико и Порту-Алегри, показала значительную корреляцию с более высокой частотой ДТП с участием как транспортных средств, так и пешеходов (Таблица 4). Постоянство этих результатов в различных моделях свидетельствует о том, что автобусные системы, полосы которых организованы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, представляют собой наиболее опасную конфигурацию среди всех систем, включенных в наше исследование (подробное обсуждение вопросов организации автобусных полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, см. в пункте 10.1). Мы также обнаружили, что боковое размещение выделенных автобусных полос в г. Гвадалахара обуславливает более высокую частоту ДТП с участием как транспортных средств, так и пешеходов, в то время как в г. Мехико такая организация выделенных автобусных полос не оказывает статистически значимого влияния на частоту ДТП. И хотя полученные результаты не всегда имеют статистическую значимость, они, как правило, свидетельствуют о том, что боковое размещение выделенных автобусных полос может обуславливать определенный ряд проблем, хотя и не такой значительный, как организация автобусных полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку.

Каждое дополнительное примыкание к перекрестку повышает риск столкновения транспортных средств на **65%**

Добавление одной полосы проезжей части обуславливает увеличение ДТП со смертельным исходом или травмами на **17%**

Каждый дополнительный метр пешеходного перехода увеличивает риск ДТП с участием пешеходов на **6%**

Оценку влияния систем с осевым размещением на повышение безопасности дорожного движения выполнить немного сложнее, так как изменения, вносимые в конфигурацию улицы системами БРТ с осевым размещением, измеряются несколькими переменными. В отличие от автобусных коридоров с боковым размещением, которые, как правило, предусматривают замещение автобусной полосой только одной полосы для движения (или стоянки) смешанного транспорта в каждом направлении, системы с осевым размещением предполагают более существенную переконфигурацию улицы. Как правило, это требует организации разделительной полосы по центру улицы взамен одной полосы проезжей части, сокращения протяженности пешеходных переходов, создания островков безопасности для пешеходов в центре улицы, и создания по всему коридору большего числа трехсторонних перекрестков, за счет сокращения числа четырехсторонних перекрестков. И хотя по городу Мехико переменная, отвечающая за осевое размещение полос БРТ, не имела статистической значимости, переменные, отвечающие за число полос движения, наличие центральной разделительной полосы, протяженность пешеходного перехода и число примыканий на перекрестках, показывали четкую корреляцию с более низкой частотой ДТП, и продемонстрировали статистическую значимость в различных моделях (Таблица 4, Таблица 8). Для получения более подробной информации по анализу данных о ДТП, пожалуйста, см. пункт 10.1.

Организация полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку,

увеличивает число ДТП со смертельным исходом и травмами на

83 %

Наличие центральной разделительной полосы

сокращает число ДТП со смертельным исходом и травмами на

35 %

Таблица 4 Влияние метода организации полос в выделенных автобусных коридорах на безопасность дорожного движения

	Приведенное среднее влияние	% изменения числа ДТП	95 % доверительный интервал
Наличие центральной разделительной полосы	ДТП с травмами или смертельным исходом	-35 %	(-55 %, -8 %)
	Столкновение транспортных средств	-43 %	(-56 %, -26 %)
Организация автобусных полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку	ДТП с травмами или смертельным исходом	83 %	(+23 %, +171 %)
	Столкновение транспортных средств	35 %	(+0.02 %, +86 %)
	ДТП с участием пешеходов	146 %	(+59 %, +296 %)



Светофоры, определяющие приоритет автобусного движения на проспекте Вестерброгд, г. Копенгаген

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ



В этом разделе мы предлагаем подробные планировочные, проектировочные и операционные рекомендации, которые помогут обеспечить учет вопросов безопасности на всех этапах процессов планирования и проектирования новых систем с приоритетом общественного транспорта.



Коридор Линия 2 системы БРТ «Metrobús», г. Мехико

Все наши рекомендации основаны либо на выводах по результатам анализа данных или на наблюдениях, сделанных в ходе инспекций безопасности дорожного движения, которые подробно описаны в главе 10.

Этот раздел мы начинаем с представления общих рекомендаций по вопросам контроля скорости движения транспорта, которые необходимо учитывать для всего коридора в целом. Далее мы рассматриваем конкретные варианты конфигураций улиц и перекрестков, и представляем подробные концепции проектирования.

Настоящее Руководство по проектированию предназначено не для того, чтобы заменить собой процедуры аудита и инспекции безопасности дорожного движения. Скорее, данные рекомендации следует рассматривать в качестве дополнительного инструмента, с которым необходимо сверяться на этапе планирования нового автобусного коридора, и которым следует пользоваться в качестве справочника в течение всего процесса проектирования. Эти рекомендации позволяют весьма эффективно повысить безопасность планируемого коридора, поскольку они помогают планировщикам, проектировщикам

и инженерам учитывать вопросы безопасности на всех этапах планирования и проектирования. В отличие от аудитов и инспекций, которые обычно проводятся с учетом местного контекста, общее Руководство по проектированию не может разрабатываться под специфику какого-то конкретного города или района, поэтому содержащиеся в нем рекомендации не получится применить к конкретному коридору или перекрестку без соответствующей адаптации. Адаптацией общих рекомендаций к конкретным условиям своего коридора должны заниматься лица, отвечающие за проектирование данного коридора, с учетом соответствующих местных норм проектирования и организации светофорного регулирования.

И наконец, в этой главе мы обсудим возможные компромиссы между безопасностью дорожного движения и операционной эффективностью системы с приоритетом общественного транспорта, на которые может потребоваться пойти проектировщикам, и опишем методику оценки влияния мер, помогающих повысить безопасность, на среднюю техническую скорость, продолжительность поездки и пропускную способность системы.



Автобусный коридор в г. Порту-Алегри, Бразилия

ГЛАВА 2

КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Проектные решения, обеспечивающие надлежащий контроль скорости движения транспорта, являются одним из основных факторов, помогающих спроектировать улицу с безопасным дорожным движением. Скорость движения транспорта – это один из самых важных рисков, угрожающих безопасности, который проектировщик должен тщательно рассмотреть, так как этот риск является одним из ведущих факторов, обуславливающих тяжесть последствий ДТП.

Вероятность того, что ДТП с участием пешехода приведет к смертельному исходу, сильно зависит от скорости, на которой происходит столкновение. Риск смерти пешехода при столкновении на скорости 50 км/ч более чем в два раза превышает риск смерти при столкновении на скорости 40 км/ч (Rosén and Sander 2009). Поэтому средняя скорость движения транспорта по проезжей части должна соответствовать каждому отдельному типу улицы и конкретному контексту. В Таблице 5 приводится диапазон рекомендуемых скоростей на 85-й перцентили для различных типов дорог. Скорость на 85-й перцентили обозначает скорость транспортного средства, которое движется со скоростью выше, чем скорость 85% всех транспортных средств на этой дороге.

После того, как улица будет отнесена в одну из категорий по Таблице 5 (при этом, улица может быть разбита на несколько участков, относящихся к разным категориям), следующим шагом является внедрение мер, позволяющих обеспечить отсутствие превышений желаемой скорости. Обратите внимание, здесь мы говорим о фактической

скорости, с которой транспорт движется по этой дороге, а не об ограничении скорости, установленном знаками. Желаемая скорость не должна превышать ни смешанным, ни общественным транспортом, однако меры по обеспечению соблюдения этого ограничения скорости, которые будут эффективны для каждой из этих групп, несколько различаются.

В частности, если в городе имеется единый оператор системы общественного транспорта (и особенно, если эта организация располагает диспетчерским центром, способным отслеживать скорость движения автобусов в режиме реального времени), то обеспечить соблюдение скоростного режима можно достаточно легко путем обучения и применения дисциплинарных мер. Однако в случае со смешанным транспортом, для контроля скорости можно использовать целый ряд других мер. Здесь мы представим общий обзор различных мер, возможность применения которых стоит рассмотреть при проектировании.

Эти меры более подробно описаны в последующих разделах.

2.1 Искусственные неровности для принудительного ограничения скорости движения транспортных средств: «лежачие полицейские» и аналогичные приспособления

Искусственные неровности типа «лежачий полицейский» являются одним из наиболее эффективных средств контроля скорости движения транспорта. «Лежачий полицейский» – это место, где покрытие проезжей части немного повышается, создавая продольный бугор, который можно безопасно переехать на скорости, не превышающей 50 км/ч. Ширина и высота такой искусственной неровности непосредственно влияют на скорость движения транспорта, которую она призвана обеспечить. «Лежачих полицейских» должно быть видно заблаговременно, они должны быть четко обозначены, что, как правило, достигается за счет дорожного покрытия выделяющегося цвета или установкой светоотражательных элементов, а также путем вертикально установленных знаков, обозначающих надлежущую скорость, чтобы водители могли привести скорость движения своего транспортного средства в соответствие. В идеале, искусственные неровности могут устраиваться на всей протяженности проезжей части, чтобы принудительно контролировать скорость движения транспорта по всей длине улицы. На практике, это не всегда осуществимо, и в этом случае мы рекомендуем устраивать искусственные неровности на подъездах к конфликтным точкам. В число ключевых конфликтных точек, на подъезде к которым нужно устраивать «лежачих полицейских», входят пешеходные переходы на перегонных участках улиц, а также перекрестки, особенно после длинных перегонных участков.

Другие искусственные неровности, имеющие функции, аналогичные «лежачим полицейским»:

- **Пешеходный переход на пандусе** – это, по существу, пешеходный переход, устроенный на широком лежачем полицейском. Данное приспособление может эффективно использоваться для устройства пешеходных переходов на перегонных участках улиц или для устройства пешеходных переходов на перекрестках узких улиц.
- **Перекресток на пандусе** – в данном случае, вся площадь перекрестка поднимается до уровня тротуара, что эффективно помогает заставить весь транспорт сбросить скорость на перекрестке. Устройство перекрестков на пандусах хорошо подходит для относительно узких перекрестков (не более двух полос движения на каждой улице). На более широких перекрестках поднятие уровня всей площади перекрестка может оказаться менее эффективной мерой, поскольку машины будут успевать разогнаться, проезжая по ровной части пандуса до съезда с него за пределами перекрестка.
- **Малогабаритные «лежачие полицейские»** – это искусственные неровности для принудительного ограничения скорости движения транспортных средств, которые занимают не всю ширину дороги. Они достаточно длинные, чтобы заставить сбросить скорость малогабаритные транспортные средства, например, легковые автомобили, но и достаточно компактные, чтобы позволить транспортным средствам с широким шасси, например, автобусам или машинам скорой помощи, проезжать их без замедления.

«Лежачие полицейские», пешеходные переходы и перекрестки на пандусах должны специально проектироваться для достижения желаемого принудительного ограничения скорости. Плохо продуманные, неуместные или спроектированные наугад лежачие полицейские могут представлять собой опасность для водителей, и еще большую опасность для велосипедистов и мотоциклистов.

Таблица 5 Предлагаемые скорости на 85-й перцентили для различных типов дорог

Тип дороги	Предлагаемая скорость на 85-й перцентили	Описание дорожных условий
Скоростная автомагистраль	80 км/ч или более	Дорога с ограниченным доступом (малым числом мест въезда и выезда) без перекрестков или пешеходных переходов на уровне проезжей части
Магистральная улица	50 км/ч	Основная транспортная магистраль в черте города, оснащенная перекрестками со светофорным регулированием и пешеходными переходами на уровне проезжей части.
Улица в густонаселенном городском районе\ центре города	20–30 км/ч	Улица в районе с очень большим количеством пешеходов (например, в центре города, вблизи больших рынков, и т. д.) с большим количеством пешеходов, переходящих улицу на пешеходных переходах на уровне проезжей части.

* При определении рекомендованной скорости для улицы/участка следует также учитывать и другие факторы, такие как целевое назначение прилегающих объектов или наличие интенсивного пешеходного или немоторизованного движения.

2.2 Расстояние между светофорными объектами

Расстояние между светофорами является одним из самых сильных прогностических факторов, определяющих скорость движения транспорта по проезжей части. На улицах, где расстояние между перекрестками со светофорным регулированием относительно невелико, транспорт будет иметь тенденцию двигаться с более низкой скоростью. И наоборот, на участках улицы с большой протяженностью перегонов, скорость движения транспорта будет более высокой. Расстояние между перекрестками со светофорным регулированием оказывает различное влияние на частоту ДТП с разной тяжестью последствий. Наш анализ данных по улицам г. Гвадалахара (Мексика) показал, что за счет каждых 10 метров увеличения расстояния между перекрестками общее число ДТП сокращается на 2%, однако число ДТП с травмами и смертельным исходом возрастает на 3% (Таблица 2). Другими словами, ДТП в целом происходит меньше, однако они имеют тенденцию вызывать более тяжелые последствия. Объясняется это тем, что большее число перекрестков создает больше конфликтных ситуаций и, следовательно, происходит больше столкновений, однако, перекрестки также способствуют снижению скорости ТС и, следовательно, уменьшают тяжесть последствий ДТП.

На практике это означает необходимость избегать в городской черте длинных перегонных участков улиц без светофорного регулирования. Этот риск особенно актуален на периферии городов, особенно в тех ситуациях, когда город значительно разросся, и дорога, изначально спроектированная как шоссе, превратилась в городскую улицу. К решению данного вопроса необходимо подходить комплексно, и идеальной рекомендации, какое расстояние следует выдерживать между перекрестками со светофорным регулированием, не существует. С одной стороны, чем дальше друг от друга находятся такие перекрестки, тем выше вероятность того, что пешеходы будут переходить проезжую часть в неполюженных местах и попадать под колеса машин, движущихся на высоких скоростях. С другой стороны, если установить слишком много пешеходных переходов со светофорным регулированием на перегонных участках улиц, существует риск того, что некоторые водители могут не соблюдать требование остановки на красный свет (особенно, если конфликт в данном случае возникает только с пешеходами). Единственная рекомендация в этой связи – в каждом конкретном случае проводить отдельную оценку оптимального размещения пешеходного перехода со светофорным регулированием на перегонном участке улицы, чтобы предоставить пешеходам максимальную возможность для безопасного пересечения проезжей части,



За счет каждых 10 метров увеличения расстояния между перекрестками число ДТП с травмами и смертельным исходом возрастает на 3%.

и в то же время, не создавать лишних поводов для водителей нарушать сигналы светофора. С этой точки зрения, основным критерием оценки должно являться целевое назначение объектов, расположенных вдоль рассматриваемого коридора. Участки дорог, проходящие мимо школ, торговых центров и других крупных точек притяжения людей создают большую потребность в пешеходных переходах. Мы обсудим этот вопрос более подробно в разделе «Проектирование перегонных участков улиц».

2.3 Меры контроля для обеспечения соблюдения скоростного режима

Помимо описанных выше сугубо проектировочных решений, сегодня контроль за соблюдением скоростного режима на различных участках дорог обеспечивается с помощью широкого диапазона разнообразных технологий. На полосах для движения смешанного транспорта устанавливаются радары и камеры контроля скорости; для общественного транспорта существуют другие меры – компания-перевозчик контролирует скорость движения автобусов в режиме реального времени, особенно если она располагает диспетчерским центром, и если автобусы оснащены GPS-оборудованием.



Пешеходный переход на перегонном участке улицы, г. Жуис-ди-Фора, Бразилия

ГЛАВА 3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕГМЕНТОВ УЛИЦ: ПЕРЕГОННЫЕ УЧАСТКИ И ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

В любом оживленном городском центре, особенно в развивающихся странах, можно ожидать большого количества пешеходов, пересекающих, стоящих в ожидании или идущих по автобусным полосам.

Кроме того, поскольку интенсивность движения по автобусным полосам – меньше, пешеходы часто считают их более безопасным пространством, по сравнению с полосами для движения смешанного транспорта, и спокойно ходят по ним, или останавливаются на них, чтобы посмотреть по сторонам перед переходом улицы.

Чтобы решить эту проблему, мы рекомендуем провести исследование доступности по всей протяженности нового автобусного коридора, чтобы определить места с высоким спросом на пешеходные переходы на перегонных участках улиц. Наши наблюдения, сделанные в ходе проведения инспекций безопасности дорожного движения, свидетельствуют о том, что особенно большое количество пешеходов и частое пересечение людьми улиц на перегонных участках дорог имеют место вокруг больших торговых точек. Другие популярные объекты, притягивающие пешеходное движение, которые необходимо учитывать при проектировании – это образовательные учреждения (особенно крупные университетские городки), здания религиозного назначения и места проведения мероприятий. Важно убедиться, что эти места оснащены достаточным количеством организованных пешеходных переходов в удобных для пешеходов местах, и что

на неподходящих для пересечения улицы участках, где переходы не предусмотрены, установлены ограждения или иные препятствия, предотвращающие переход проезжей части в неположенных местах.

На следующих страницах мы описываем несколько концепций проектирования сегментов улиц, учитывающих ключевые вопросы безопасности, которые мы обсудили выше. Подобранные нами типы улиц, их ширина и типы систем с приоритетом автобусного транспорта, организованные на них – это самые распространенные варианты конфигураций улиц из нашей базы данных по автобусным коридорам.



Рисунок 8 Пешеходы, переходящие один из коридоров системы БРТ г. Дели на перегонном участке улицы.

Все пешеходные переходы в коридорах с приоритетом автобусного транспорта, расположенные на городских магистралях, должны регулироваться светофорами.

На перегонных участках улиц мы рекомендуем устраивать пешеходные переходы, разнесенные в шахматном порядке. При конфигурации пешеходного перехода так, как показано на этом рисунке, пешеходы в центре улицы всегда будут двигаться лицом к транспортному потоку, движущемуся по той части улицы, которую они собираются пересечь. Переход, разнесенный в шахматном порядке, также увеличивает площадь, на которой пешеходы могут переждать красный свет, если они не успевают пересечь всю улицу за одну фазу светофора.

Общей проблемой пешеходных переходов на перегонных участках улиц является то, что автомобилисты пытаются использовать их для разворота (если переход не разнесен и между встречными полосами движения отсутствует физическая разделительная полоса). Размещение одной или нескольких бетонных тумб в просвете пешеходного перехода поможет устранить эту проблему даже в случае больших автомобилей.

Разнесение пешеходного перехода на отрезки, расположенные в шахматном порядке, также может предотвратить попытки разворота мотоциклистов.

Водители не всегда охотно останавливаются на красный свет перед пешеходным переходом на перегонном участке улицы. Мы рекомендуем смягчить данный риск путем размещения искусственных неровностей типа «лежачий полицейский» и других приспособлений для принудительного сброса скорости на подъездах к пешеходным переходам, чтобы к моменту пересечения пешеходного перехода смешанный транспорт гарантированно двигался с пониженной скоростью. Что касается автобусного транспорта, этот вопрос можно решить путем обучения водителей, а также путем применения дисциплинарных мер в случае нарушений.

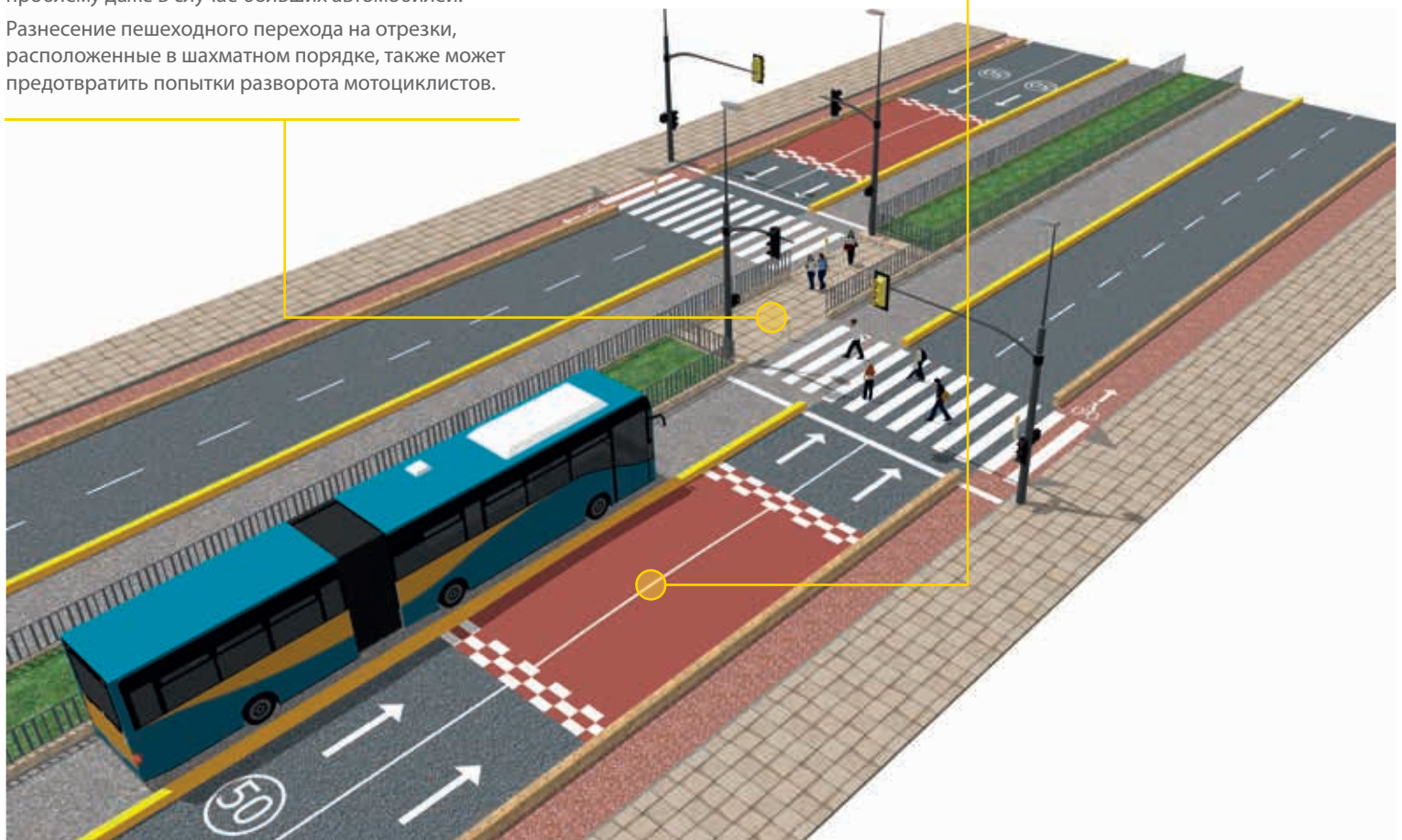


Рисунок 9 Пешеходный переход на перегонном участке городской магистрали

3.1 Пешеходный переход на перегонном участке городской магистрали

В г. Порту-Алегри, 93% ДТП с участием пешеходов происходят на перегонных участках улиц (Рисунок 11). Пешеходные переходы на перегонных участках городских магистралей всегда должны быть оснащены светофорным регулированием. Это самая важная характеристика, обеспечивающая безопасность пешеходов, так как эти переходы, как правило, расположены на отрезках коридора с более длинными перегонными участками, где скорость движения транспортного потока бывает повышенной. В идеале, зеленая фаза светофора для пешеходов должна иметь достаточную продолжительность, чтобы обеспечивать возможность перехода всей проезжей части за одну фазу. Для расчета продолжительности зеленой фазы для пешеходов, мы рекомендуем принять скорость движения пешехода равной 1,2 метров в секунду (м/с) в большинстве случаев, и 1 м/с в районах, где более 20% пешеходов составляют лица пожилого возраста (Рекомендации Комиссии по научным исследованиям в сфере транспорта, 2010 г.).

Мы также рекомендуем устраивать на проезжей части центральную разделительную полосу и островки безопасности для пешеходов на полпути пешеходного перехода. Островки безопасности помогают сократить расстояние, которое пешеходу необходимо пересечь за один раз, на дистанцию длиной вплоть до 10 метров, если речь идет о городской магистрали, что может сократить частоту ДТП со смертельным исходом или травмами на этом участке на целых 35% (Таблица 4).

При проектировании пешеходного перехода на перегонном участке улицы следует принимать во внимание общий уровень соблюдения правил дорожного движения среди водителей вашего города.



Рисунок 11 Число аварий в г. Порту-Алегри по месту расположения на сегментах улиц; рассчитано по базе данных ДТП, предоставленной компанией-перевозчиком системы общественного транспорта «Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC)», г. Порту-Алегри, 2011 г.

Этот показатель широко варьируется в разных странах, и даже в разных городах одной страны. Во многих городах развивающихся стран, водители неохотно останавливаются на красный свет, особенно, если конфликт возникает только с пешеходами. В таких случаях, безопасность для пешеходов можно повысить, устроив на подъездах к пешеходным переходам на перегонных участках улиц искусственные неровности. Наши наблюдения, сделанные в ходе инспекций безопасности дорожного движения, свидетельствуют о том, что водители с большей долей вероятности уступают дорогу пешеходам на пешеходных переходах, когда их машины движутся более медленно, к тому моменту уже сбросив скорость.



Рисунок 10 Пешеходы пересекают автобусные полосы в неполюженном месте в одном из коридоров системы БРТ «TransMilenio» в г. Богота

Такая конфигурация улицы предусматривает только одну полосу для движения смешанного транспорта в каждом направлении, и буферную зону между проезжей частью и тротуаром. Буферная зона может использоваться в качестве полосы для временной парковки, полосы озеленения, велосипедной дорожки или для устройства шиканы, служащей цели замедления скорости движения транспорта при приближении к пешеходному переходу на перегонном участке.

На узких улицах в центре города пешеходов, как правило, больше. Здесь важно предусмотреть меры, обеспечивающие движение автобусов на более низкой скорости, чтобы дать водителям больше времени на реагирование в случае возможного конфликта с пешеходами, а так же чтобы автобусы могли останавливаться с более коротким тормозным путем.

Бетонные тумбы предотвращают заезд и незаконную парковку автомобилей на тротуаре. Мы рекомендуем также помещать как минимум одну бетонную тумбу в середине пешеходного островка безопасности, для предотвращения попыток автомобилистов совершать развороты на пешеходных переходах на перегонных участках улицы.

При помещении ряда бетонных тумб поперек пешеходного перехода или островка безопасности, важно проверить и убедиться, что расстояние между ними рассчитано правильно и достаточно для того, чтобы позволить удобный проезд колясок и инвалидных кресел.

Рекомендованное минимальное расстояние между бетонными тумбами составляет 1,2 м.



Рисунок 12 Пешеходный переход на перегонном участке узкой улицы



Этот знак предупреждает водителей о том, что впереди на дороге устроена шикана.

2.3.2. Пешеходный переход на перегонном участке узкой улицы

На улицах, где имеется только одна полоса движения для смешанного транспорта в каждом направлении, можно устраивать еще один конструктивный элемент дороги для замедления скорости транспортного потока – шикану (Рисунок 12). Такая конструкция улицы имеет преимущество в том, что протяженность пешеходного перехода сокращается даже больше, чем при размещении островка безопасности на разделительной полосе по центру дороги.

3.3 Пешеходные эстакады

При устройстве пешеходных эстакад, или мостов, важно также устанавливать ограждение по краю тротуара на всем участке протяженности эстакады. Пешеходы часто пытаются перепрыгнуть через ограждения или обойти их, даже если при этом требуется сделать крюк, только чтобы избежать подъема на мост. Ограждение по краю тротуара необходимо устанавливать на всей протяженности участка коридора, где переход улицы на уровне проезжей части запрещен.

Пешеходные эстакады требуют обустройства инфраструктуры для инвалидных колясок. Как правило, это пандус с уклоном, не превышающим 10%, а предпочтительно даже ближе к 5%, который также оснащен промежуточными площадками для отдыха (Rickert 2007). Учитывая, что мост должен быть достаточно высоким, чтобы под ним могли проезжать крупные транспортные средства, пандус может получиться довольно длинным. Для лиц с ограниченными возможностями также допускается устраивать лифты.

Для изучения влияния пешеходных эстакад на магистральные и скоростные дороги, мы использовали модели частоты ДТП. Результаты нашего анализа данных доказывают, что пешеходные эстакады не являются эффективной мерой повышения безопасности на городских магистралях, однако очень эффективны на скоростных дорогах (Таблица 6).

Наши наблюдения, сделанные в ходе инспекций на местах, позволяют предположить, что причина, по которой пешеходные мосты не являются эффективной мерой для городских магистралей (и для всех более узких улиц в целом), заключается в том, что пешеходам намного удобнее переходить дорогу под ними на уровне проезжей части.

Таким образом, пешеходные эстакады должны устраиваться только на скоростных дорогах, например, над коридорами для автобусов-экспрессов, только в тех случаях, когда устраивать обычный пешеходный переход со светофорным регулированием практически нецелесообразно. Хорошим примером устройства пешеходных эстакад в системе БРТ над коридором для автобусов-экспрессов является мост над автомагистралью Autopista Norte в системе БРТ «TransMilenio», г. Богота.

Если улица уже, чем автомагистраль, пешеходы, скорее всего, будут перелезать через ограждения и переходить дорогу на уровне проезжей части под пешеходной эстакадой. Пешеходные эстакады всегда должны сопровождаться ограждениями по краю тротуара на всей протяженности моста, чтобы предотвратить переход проезжей части в неположенных местах. Эти ограждающие конструкции должны быть достаточно высокими, чтобы люди не могли через них перепрыгнуть. Ограждающие конструкции следует часто проверять и заменять в случае повреждения или поломки.



Рисунок 13 Пешеходная эстакада с пандусом и площадкой для отдыха в г. Леон, Мексика



Рисунок 14 Пешеходы перепрыгивают через ограждение и переходят выделенный автобусный коридор в неполенном месте в г. Дели, рядом с пешеходной эстакадой

Таблица 6 Влияние пешеходных эстакад на повышение безопасности дорожного движения

Пешеходная эстакада над	Сокращение числа ДТП с участием пешеходов	95 % доверительный интервал
Скоростной автомагистралью	-84%	(-94%, -55%)
Городской магистралью	Нет статистически значимых изменений	

Выделенные автобусные полосы с боковым размещением часто устраиваются на более узких улицах, где недостаточно пространства для осевого размещения автобусной инфраструктуры без существенного уменьшения уличного пространства для движения смешанного транспорта. Независимо от ширины улицы, мы рекомендуем всегда устраивать центральную разделительную полосу по оси улицы между встречными полосами движения транспорта.

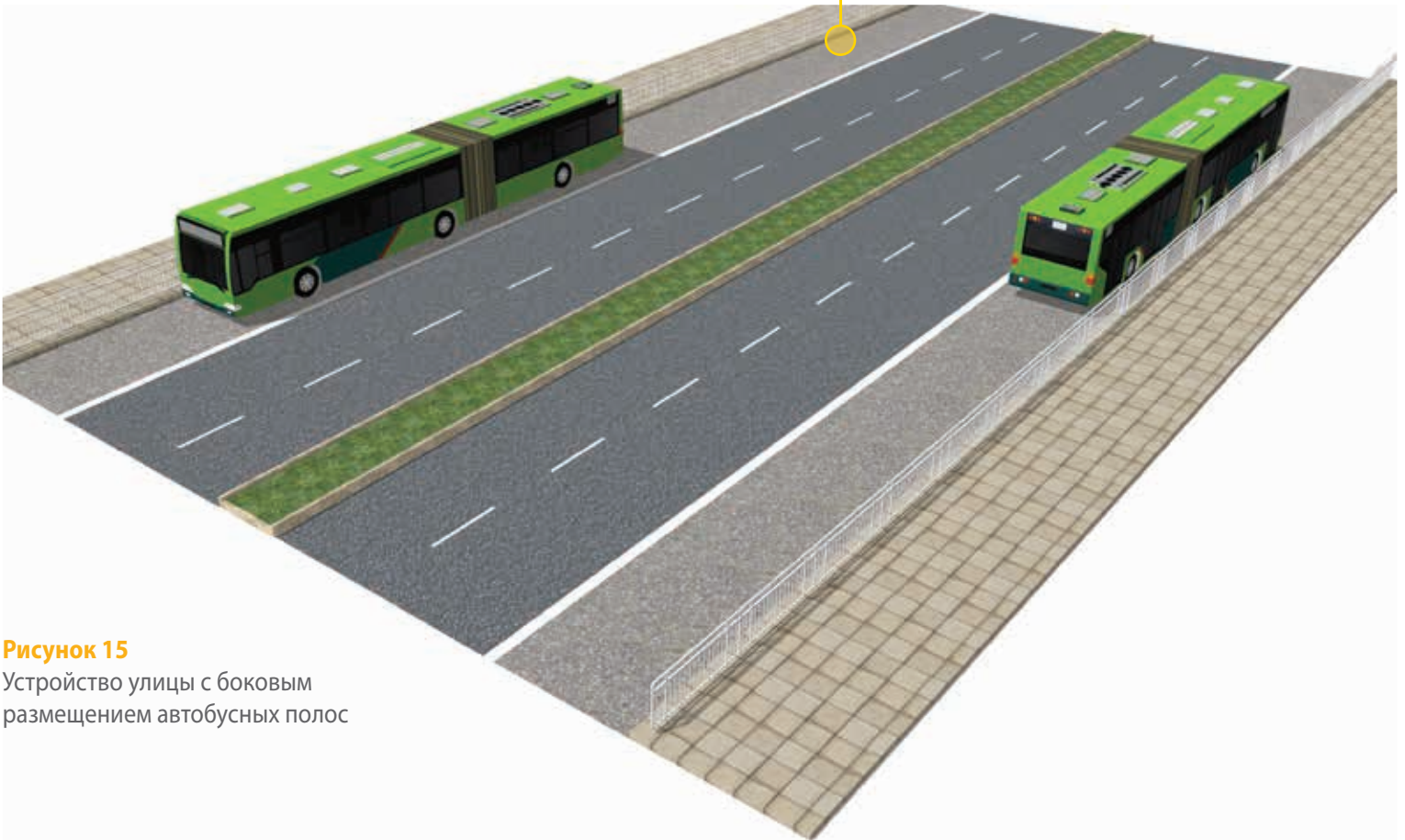


Рисунок 15

Устройство улицы с боковым размещением автобусных полос

3.4 Устройство улицы с боковым размещением автобусных полос

При боковом размещении автобусных полос, в районах с большим потоком пешеходов нередко можно увидеть людей, идущих, стоящих в ожидании, или перемещающих товары по автобусной полосе. В некоторых случаях, это может быть обусловлено перегруженностью или неудобством тротуаров. В какой-то степени, это вопрос обеспечения доступности для всех. Люди, которым приходится возить тележки, например, часто предпочитают пользоваться этими автобусными полосами с ровным покрытием, идущими по краю проезжей части вдоль тротуара, а не двигаться по тротуару, на котором бывает много заездов-съездов (например, при пересечении тротуара примыкающими дорогами). Возможно также, что у людей сформировалось мнение, что автобусные полосы – это относительно более безопасное пространство для пешего движения, так как по ним движется меньше транспорта, чем по полосам для движения смешанного транспортного потока. Для решения этой проблемы мы рекомендуем обеспечить поддержание тротуаров вдоль коридора в хорошем состоянии, устраивать их без перепадов высот, без крутых заездов и съездов, и без препятствий, блокирующих съезды и заезды по ходу тротуара, а также, обеспечить соответствие ширины тротуара интенсивности пешеходного движения на нем



Рисунок 16 Пешеходы, идущие по автобусной полосе, коридор с боковым размещением автобусных полос «Eje 1 Oriente», г. Мехико

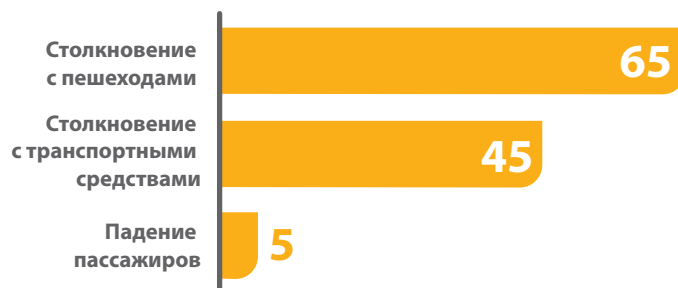


Рисунок 17 ДТП с участием автобусов, по типам происшествий, коридор с боковым размещением автобусных полос на «Eje Central», г. Мехико (2006–2010 гг.)



Рисунок 18 Человек толкает тележку с товаром по автобусной полосе, коридор с боковым размещением автобусных полос «Eje Central», г. Мехико



Рисунок 19 Коридор «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

КОРИДОР «TRANSOESTE» СИСТЕМЫ БРТ Г. РИО-ДЕ-ЖАНЕЙРО

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОПЕРАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ БРТ

В число рекомендаций по повышению безопасности дорожного движения, которые мы обсуждали выше, вошли следующие две рекомендации: принудительное сокращение скорости движения транспорта и обустройство оборудованных светофорами пешеходных переходов на перегонных участках улиц. Эти мероприятия могут отрицательно сказаться на операционных показателях любой системы с приоритетом автобусного транспорта. Для нахождения возможных компромиссов между безопасностью дорожного движения и операционной эффективностью системы, важно располагать точными данными о влиянии принятых мер по повышению безопасности на ее работу. Здесь мы предлагаем методологию нахождения возможных компромиссов, и демонстрируем результаты применения этой методологии на примере коридора «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОРИДОРА «TRANSOESTE»

Коридор «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро начал функционировать в июне 2012 года, будучи первым коридором запланированной системы БРТ протяженностью более 150 км, в состав которой впоследствии вошли коридоры «TransCarioca», «TransOlimpica» и «TransBrasil»,

проектировался в рамках инфраструктурных инвестиций к Чемпионату мира-2014 и Летним Олимпийским Играм 2016 г. Коридор «TransOeste» соединяет район Барра-да-Тижук – пригород к югу от г. Рио-де-Жанейро, где сейчас ведется строительство Олимпийской деревни, которое закончится к 2016 году, и район Санта-Крус – западный пригород, расположенный примерно в 40 км от городка Барра. В отличие от большинства других примеров, которые рассматриваются в данной публикации, 1 фаза коридора «TransOeste» в меньшей степени выполняет функции городской системы общественного транспорта, и в большей мере служит в качестве системы регулярного пригородного сообщения. Основной спрос на услуги этого коридора, в основном, приходится на часы пик, и большинство пассажиров пользуется системой, чтобы ежедневно добираться до места работы в Барра-да-Тижук и возвращаться оттуда домой. В то время как оба конца коридора расположены в относительно густонаселенных городских центрах, большая часть среднего сегмента коридора «TransOeste» проходит по территориям, в настоящее время еще не застроенным.

Данный коридор БРТ имеет осевое размещение на проспекте Avenida das Americas – типичной транспортной магистрали в г. Рио-де-Жанейро, характеризующейся высокими ограничениями скорости от 70 до 80 км/ч, и широкой проезжей частью – от 60 до 90 метров, в зависимости от участка. Число светофоров на проспекте невелико, среднее расстояние между ними составляет более 600 метров. Высокие ограничения скорости и относительно большие расстояния между светофорами позволяют общественному

транспорту развивать в коридоре «TransOeste» среднюю техническую скорость выше средней технической скорости общественного транспорта, курсирующего по коридорам БРТ на городских магистралях.

Местный маршрут, который движется по данному коридору БРТ и делает все остановки, развивает техническую скорость равную 28 км/ч, тогда как автобусы-экспрессы, минуя большинство станций по обгонным полосам, достигает технической скорости равной 35 км/ч.

МЕТОДОЛОГИЯ

Мероприятия по повышению безопасности в данном коридоре были спроектированы специально для этого коридора и являются результатом тщательного анализа дорожных условий на данной транспортной артерии. Для целей данного тематического исследования, мы сосредоточим внимание на нескольких общих рекомендациях, применимых к контексту всего города Рио-де-Жанейро, учитывая характеристики его уличной сети, которых мы кратко коснулись в предыдущем разделе.

- Ужесточение ограничения скорости для всех видов транспорта, движущихся по проспекту Avenida das Americas (включая БРТ) до 60 км/ч
- Ужесточение ограничения скорости для автобусов-экспрессов, проходящих мимо остановочных комплексов по обгонным полосам, до 30 км/ч, чтобы свести к минимуму конфликты с пешеходами, переходящими проезжую часть в неположенных местах, на выходах и подходах к остановочным платформам, а также, чтобы дать водителям больше времени на реагирование при возникновении потенциального конфликта между автобусами местных и экспресс-маршрутов
- Обустройство дополнительных регулируемых пешеходных переходов на перегонных участках улиц, чтобы сократить среднее расстояние между переходами
- Перепрограммирование светофоров так, чтобы свести к минимуму продолжительность ожидания пешеходов на светофоре

ВЛИЯНИЕ ПРИНЯТЫХ МЕР НА СОКРАЩЕНИЕ ЧАСТОТЫ ДТП

Мы протестировали влияние перечисленных выше концепций проектирования на операционные показатели коридора БРТ, путем оценки трех основных характеристик:

- **Техническая скорость, по категориям маршрутов:** это среднее значение всех операционных скоростей определенного типа автобусов по категориям обслуживаемых маршрутов (то есть, местный или экспресс-маршрут) за весь период моделирования; этот показатель считается

ключевым показателем эффективности работы любой системы БРТ. В качестве порогового значения, характеризующего системы БРТ высокого качества, обычно принимается скорость 25 км/ч (Wright and Hook 2007).

- **Продолжительность поездки на борту ТС:** это совокупный период времени, проходящий с момента, когда автобус отправляется от платформы первого конечного остановочного комплекса, до момента, когда он останавливается у платформы второго конечного остановочного комплекса на противоположном конце маршрута; в нашей модели, эта продолжительность рассчитывалась в виде функции операционной скорости по следующей формуле: продолжительность поездки [мин.] = протяженность коридора [км] / (операционная скорость [км/ч]/60).
- **Диапазон операционных скоростей:** Это показатель надежности и предсказуемости обслуживания, которую обеспечивает система БРТ, и мы бы хотели особо акцентировать, что преимущество имеют те решения, которые минимизируют вариации в пределах этого диапазона. Он рассчитывается по стандартному отклонению операционных скоростей на маршрутах каждого типа, которые выдает модель. Мы включаем в отчет не только диапазон, в котором изменяется операционная скорость, но и коэффициент изменчивости скорости, который рассчитывается как отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому. Коэффициент изменчивости скорости является наиболее эффективным показателем для сопоставления различных сценариев (Moreno González, Romana, and Alvaro 2013).

Модель была создана на основе Симулятора систем БРТ программы EMBARQ – это инструмент макроскопического моделирования, разработанный специально для автобусных систем с высокой пропускной способностью. Данное программное обеспечение позволяет выполнять детальное моделирование маршрутов в системе БРТ, в том числе, моделирование устройства конечных остановочных комплексов и разворотных площадок, перегонных участков, перекрестков со светофорным регулированием, а также остановочных комплексов со сложной конфигурацией, с несколькими платформами, обслуживающих местные и экспресс-маршруты⁴. Мы начали с разработки базового сценария, который должен был воспроизвести в модели реальные условия, сложившиеся в рассматриваемом коридоре системы БРТ в период исследования. Затем был разработан пакет «вероятных» сценариев, где были смоделированы результаты реализации различных сочетаний мер по повышению безопасности. Операционные условия, которые мы наблюдали в коридоре в 2012 году, скорее всего, существенно изменятся к 2016 году, когда система БРТ будет полностью построена. В частности, соединение существующего коридора с будущими

коридорами «TransOlimpica» и «TransCarioca», скорее всего, повысит спрос на услуги коридора «TransOeste». В результате проделанной нами работы стало очевидно, что сравнивать базовый сценарий и вероятные сценарии необходимо не только в операционных условиях по состоянию на 2012 г., но и в операционных условиях, которые ожидаются в 2016 году, когда спрос на пассажирские перевозки и потребность в более высокой частоте курсирования автобусов, скорее всего, станет выше на всей протяженности коридора. Здесь мы приводим результаты моделирования только с прогнозом на 2016 г. Более подробную информацию о методике моделирования, а также о спецификации и калибровке модели для данного исследования, можно найти в публикации Duduta et al. 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ С ПРОГНОЗОМ НА 2016 Г.

Мы протестировали три вероятных сценария. В сценарии «60 км/ч», единственным изменением было ужесточение общего ограничения скорости до 60 км/ч для всех видов транспорта, движущихся по проспекту Avenida das Americas. В сценарии «60/30» дополнительно было введено ограничение скорости движения всех автобусов, подъезжающих к остановочным комплексам, до 30 км/ч (в том числе автобусов, не останавливающихся на этих остановках). И наконец, «полный» сценарий предусматривал организацию дополнительных пешеходных переходов, оснащенных светофорным регулированием, на перегонных участках улицы, и оба вышеупомянутых ограничения скорости.

В колонках Таблицы 7, слева направо показано влияние добавления каждой меры повышения безопасности на разные операционные показатели. Оба вида ужесточения ограничений скорости приводит к небольшому увеличению технических скоростей автобусов и увеличению продолжительности поездки для пассажиров. Также, оба вида ужесточения ограничений скорости сокращают диапазон изменчивости скоростей, что является преимуществом, так как означает, что обслуживание, предоставляемое системой, становится более надежным и предсказуемым, и интервал движения автобусов лучше выдерживается на всей протяженности маршрута. Установка дополнительных светофорных объектов отрицательно сказывается на технической скорости, что компенсируется другой характеристикой, введенной только в «полном» сценарии: на участках коридора, проходящих по незастроенным территориям, допускается небольшое увеличение скорости до 70 км/ч (на этом участке нет никаких зданий и строений).

В целом, результаты моделирования показывают, что хотя реализация рекомендаций по повышению безопасности и сказывается отрицательно на некоторых операционных показателях (технической скорости и продолжительности поездки), это влияние является относительно небольшим, что означает, что коридор «TransOeste» сможет поддерживать высокое качество работы даже при реализации представленных здесь мер повышения безопасности. Следует также отметить, что во всех сценариях операционные скорости были равны или превышали эталонное значение 25 км/ч.

Таблица 7 Результаты моделирования сценариев с прогнозом на 2016 г.

Показатель	Тип маршрута	Базовый сценарий	Сценарий «60 км/ч»	Сценарий «60/30 км/ч»	Сценарий «полный»	Разница
Техническая скорость (км/ч)	Экспресс	32	31.5	29.6	29.6	2.4
	Местный	25.6	25.6	25.45	25.43	0.17
Продолжительность поездки (мин)	Экспресс	71	72	77	77	6
	Местный	89	89	89	89	0
Диапазон скоростей (км/ч)	Экспресс	37	31.3	22.33	15.57	21.43
	Местный	16	14.94	14.85	15.57	0.43
Коэффициент изменчивости скорости	Экспресс	0.19	0.18	0.16	0.16	0.03
	Местный	0.16	0.15	0.15	0.16	0



Коридор системы БРТ в г. Куртиба, Бразилия

ГЛАВА 5

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЕРЕКРЕСТКОВ

5.1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ

Степень безопасности перекрестка определяется простотой и компактностью его устройства. Габариты и сложность перекрестков стабильно коррелировали с частотой ДТП на всех автобусных коридорах, включенных в нашу базу данных.

Габариты перекрестка

Площадь перекрестка зависит от радиуса правого поворота и ширины проезжей части каждой примыкающей дороги. Результаты нашей модели частоты ДТП свидетельствуют о том, что каждая дополнительная полоса проезжей части, выходящая на перекресток, может увеличивать частоту ДТП с тяжелыми последствиями примерно на 17 % (Таблица 8).

Для того чтобы сделать перекрестки как можно более компактными, мы рекомендуем максимально сократить радиусы правых поворотов, оставляя только минимальное пространство, необходимое для выполнения маневра. Кроме того, мы рекомендуем устраивать на перекрестке тротуарный мыс, перекрывающий полосу для стоянки, и в целом сводить к минимуму общее число полос движения транспорта в автобусном коридоре.

Рисунок 20 Схематический план, иллюстрирующий возможность сокращения площади перекрестка за счет сужения радиусов поворота и устройства тротуарных мысов (отмечены красным)

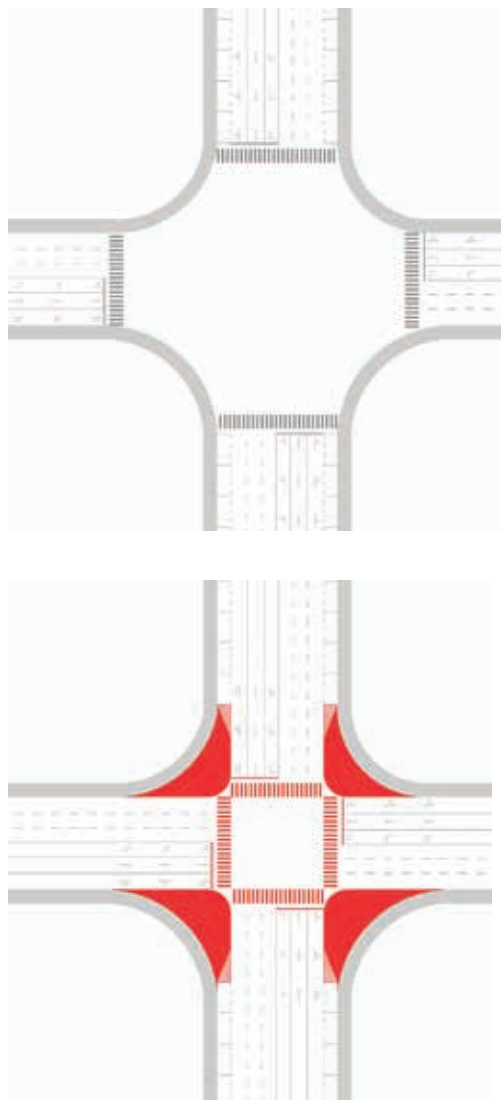


Таблица 8

Влияние конструктивных элементов улиц и перекрестков на уровень безопасности дорожного движения

		% изменения числа ДТП	95 % доверительный интервал
Каждое дополнительное примыкание	ДТП с травмами или смертельным исходом	+78 %	(+56 %, +103 %)
	Столкновение транспортных средств	+65 %	(+46 %, +87 %)
Каждая дополнительная полоса	ДТП с травмами или смертельным исходом	+17 %	(+12 %, +21 %)
	Столкновение транспортных средств	+14 %	(+10 %, + 18 %)
Протяженность пешеходного перехода (каждый дополнительный метр)	ДТП с травмами или смертельным исходом	+2 %	(+0.04 %, + 4 %)
	ДТП с участием пешеходов	+6 %	(+2 %, +9 %)
Разрешенный левый поворот	ДТП с травмами или смертельным исходом	+28 %	(+14 %, +48 %)
	Столкновение транспортных средств	+35 %	(+11 %, +75 %)

Левые повороты

Мы установили, что у перекрестков, на которых левые повороты запрещены, профиль безопасности лучше, чем у перекрестков с разрешенными левыми поворотами (Таблица 8). И хотя левые повороты обычно считаются угрозой безопасности дорожного движения при любой конфигурации улицы, наибольшую опасность они создают при осевом размещении автобусных коридоров. Наиболее распространенный тип ДТП с участием автобусов в коридорах с осевым размещением автобусных полос происходит, когда смешанный транспорт выполняет неразрешенный левый поворот через автобусную полосу, и становится причиной столкновения с ним общественного транспорта, приближающегося сзади.

На большинстве автобусных коридоров с осевым размещением, левые повороты запрещены практически на всех перекрестках, и заменены кольцевыми объездами вокруг кварталов. Проектирование кольцевого объезда вокруг квартала требует тщательности, чтобы избежать простого переноса рисков с автобусного коридора на соседнюю улицу. Рекомендуется также устанавливать знаки, обозначающие запрет левого поворота и маршрут кольцевого объезда вокруг квартала. Другой вариант организации левого поворота – разрешить левые повороты в обозначенных местах, с выделенной фазой светофора для левого поворота.

Пешеходные переходы

Результаты расчётов нашей модели показывают, что за счет каждого дополнительного метра протяженности пешеходного перехода число ДТП с участием пешеходов увеличивается на 6% (Таблица 8). Здесь мы представляем два проектных решения, которые помогают сократить протяженность пешеходных переходов на перекрестках, не уменьшая числа полос на проезжей части. Начнем с примера улицы с четырьмя полосами проезжей части и одной полосой для парковки в каждом направлении. Протяженность пешеходного перехода здесь составляет 19,3 метра.

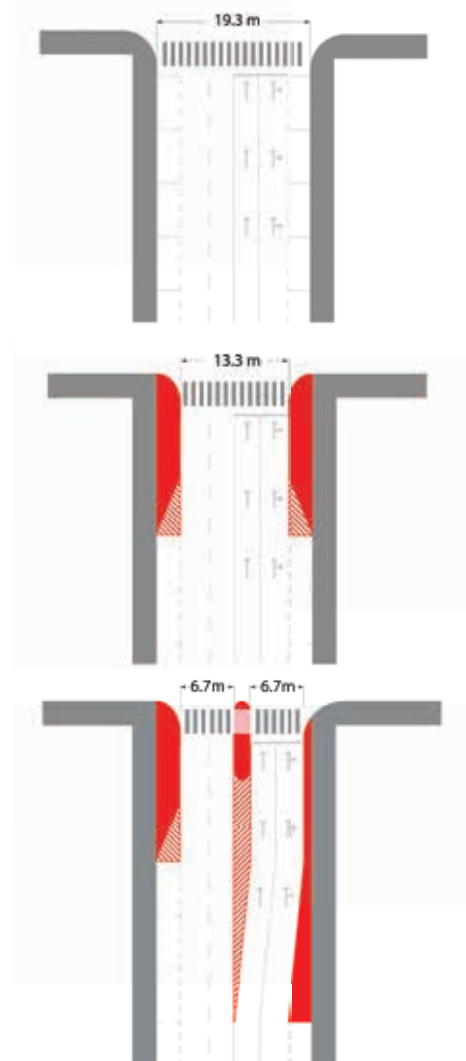


Рисунок 21 «Расчистка обзора»
и островки безопасности

Можно расширить тротуары на подъездах к перекрестку, устраивая тротуарные мысы (или тротуарные выступы) на ширину парковочных полос с обеих сторон примыкающих дорог, чтобы парковочные полосы не доходили до перекрестка. Это поможет сократить ширину примыкающей к перекрестку дороги на 6 метров, уменьшив протяженность пешеходного перехода до 13,3 метров. Это также позволит улучшить видимость для водителей и пешеходов. Если ряд припаркованных автомобилей продолжается вплоть до пешеходного перехода, это может создать опасную ситуацию, когда пешеход неожиданно появляется из-за припаркованного автомобиля. Данный фактор является распространенной причиной повышенной частоты ДТП с участием пешеходов. Если исключить возможность парковки на подъездах к перекрестку со всех сторон (эта практика известна как «расчистка обзора»), водителям и пешеходам будет легче увидеть друг друга, что поможет избежать столкновений.

Еще один вариант проектировочного решения – убрать парковочную полосу на подъезде к перекрестку, сместить две из четырех полос ближе к тротуару, и использовать полученное пространство между смежными полосами для создания пешеходного островка безопасности на полпути пешеходного перехода. Это даже больше повысит безопасность движения пешеходов, так как пешеходам в этом случае придется пересекать только две полосы (примерно 6,7 м) за один раз. В зависимости от принятого проектировочного решения, смещение полос проезжей части на подъезде к перекрестку также можно использовать в качестве меры принудительного снижения скорости, что позволит дополнительно повысить безопасность пешеходов.

Защищенное пешеходное пространство

В случаях, когда пешеходные зоны ожидания – например, островки безопасности – располагаются посередине улицы, важно обеспечить пешеходам какую-либо защиту. Ее можно устроить путем установки бетонных тумб или высоких бордюров. Эта мера поможет гарантировать, что в случае потери управления или совершения неправильного маневра, автомобиль врежется в эту ограничительную бетонную тумбу или бордюр, а не в пешехода.

Разметка примыканий дорог

На больших перекрестках рекомендуется наносить специальную разметку дорожного полотна, которая поможет направлять движение – и особенно выполнение поворотов – через перекресток. На примыканиях дорог используется два основных типа разметки: продление разметки полос (обычно в виде пунктирной линии, если перекресток пересекает одна полоса, или перекрещивающихся линий, если на перекрестке пересекаются две полосы движения), и обозначенные разметкой островки безопасности (участки, на которые транспорт при пересечении



Рисунок 22 Пример перекрестка без разметки и с разметкой примыканий

перекрестка не заезжает, и которые обозначаются штриховой разметкой). Форма и размеры штриховой разметки дорожного покрытия в разных странах бывают разными. При выборе надлежащей разметки для каждого участка дорог мы рекомендуем обратиться к соответствующим стандартам вашей страны. В этом руководстве мы приводим типы разметки перекрестков, которые используются в Дании.

Соосность полос проезжей части

Соосность полос проезжей части, продолжающихся после пересечения перекрестка, всегда должна быть тщательно выдержана по обе стороны перекрестка. Даже небольшое смещение осей полос может сбить водителя с толку, из-за чего он может перестроиться на неправильную полосу при выезде с перекрестка, или начать совершать резкие маневры, чтобы остаться на правильной полосе – в обоих случаях повышается риск ДТП.

Если небольшого смещения осей полос избежать нельзя, его можно скомпенсировать разметкой, продолжающейся через перекресток от примыкания до примыкания, что поможет водителям придерживаться своей полосы. Нельзя допускать серьезного смещения осей полос – такого, которое может заставить движущийся транспорт выехать на встречную полосу. На пересечениях второстепенных улиц, соосность полос которых по разные стороны перекрестка не выдерживается, следует рассмотреть вопрос о запрете сквозного проезда и разрешении только правого поворота.

Соответствие числа полос до и после перекрестка

Ситуация, когда на каком-либо примыкании к перекрестку число полос проезжей части для сквозного проезда или для выполнения поворотного маневра больше, чем число полос для продолжения начатого маневра на выезде с перекрестка, называется несоответствием числа полос движения до и после перекрестка. Несоответствие числа полос до и после перекрестка вынуждает транспорт прямо на перекрестке пытаться слиться в один поток, чтобы затем продолжить движение по меньшему числу полос, при этом некоторые водители начинают совершенно внезапно маневрировать, чтобы сменить полосу, что приводит к ДТП.

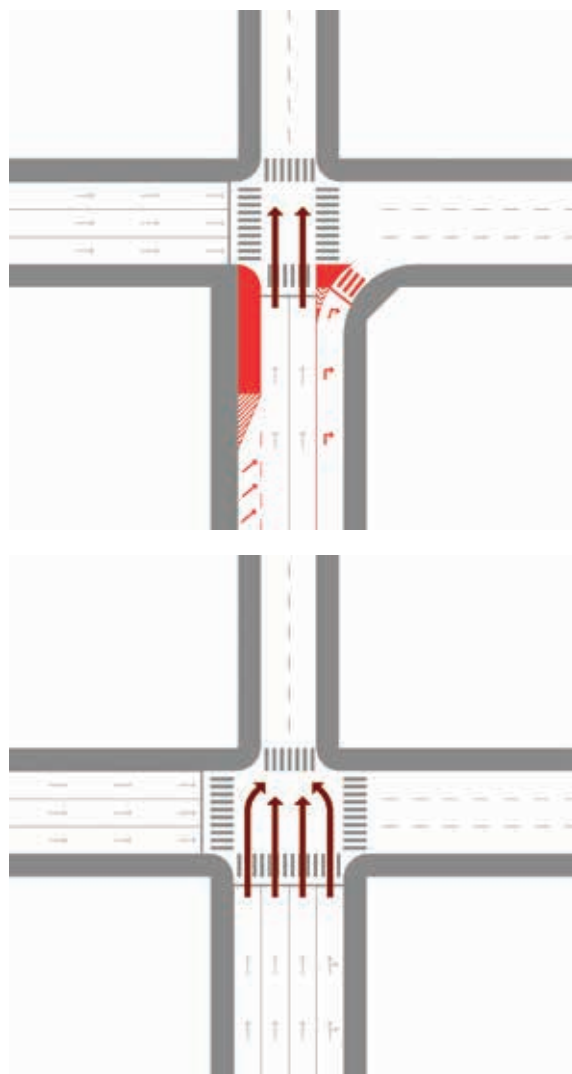


Рисунок 23 Пример того, как можно решить проблему несоответствия числа полос до и после перекрестка путем сокращения числа полос на подъезде к перекрестку, а также выделения полос только для поворота.

В некоторых случаях эту проблему можно решить путем выделения некоторых полос только для поворота. Например, если на проезжей части при въезде на перекресток четыре полосы, но на выезде с перекрестка продолжается только три полосы, при приближении к перекрестку одну из этих полос можно выделить исключительно для совершения поворота, либо направо, либо налево. Такая мера позволит сократить число полос, пересекающих перекресток, до трех, и восстановить соответствие числа полос до и после перекрестка. Еще один вариант решения данной проблемы – убрать одну полосу еще от предыдущего перекрестка, или на перегонном участке улицы, и заблаговременно предупредить водителей о сокращении числа полос соответствующими знаками.

Кольцевые объезды вокруг квартала

Запрет левых поворотов на улицах с осевым размещением автобусных коридоров является распространенной практикой. Эта мера способствует повышению безопасности дорожного движения, путем устранения одной из самых серьезных конфликтных ситуаций между автобусами и основным транспортным потоком. Запрет левых поворотов также помогает повысить пропускную способность автобусного коридора за счет сокращения светофорного цикла на одну фазу, и увеличения длительности зеленой фазы для автобусов в составе каждого светофорного цикла.

Вариант 1: После пересечения перекрестка

Этот вариант является наиболее предпочтительным решением с точки зрения повышения безопасности, потому что он позволяет заменить левый поворот тремя правыми поворотами (выполнение правого поворота, как правило, гораздо менее проблематично). Тем не менее, этот вариант можно использовать только при соблюдении следующих условий:

- Улицы, по которым организуется кольцевой объезд, должны быть способны принять на себя дополнительный транспортный поток без ущерба для безопасности дорожного движения и без создания заторов.
- Кольцевой объезд вокруг квартала должен получаться не слишком длинным. Если стороны кварталов, примыкающих к перекрестку, превышают 150–200 метров, лишний «крюк», который придется делать при кольцевом объезде, может показаться слишком длинным, и водители могут не захотеть пользоваться таким маршрутом.

Вариант 2: До перекрестка

Этот вариант следует применять только в том случае, когда реализовать первый вариант не представляется возможным. При этом типе кольцевого объезда, левый поворот на рассматриваемом перекрестке заменяется одним правым поворотом и двумя левыми поворотами

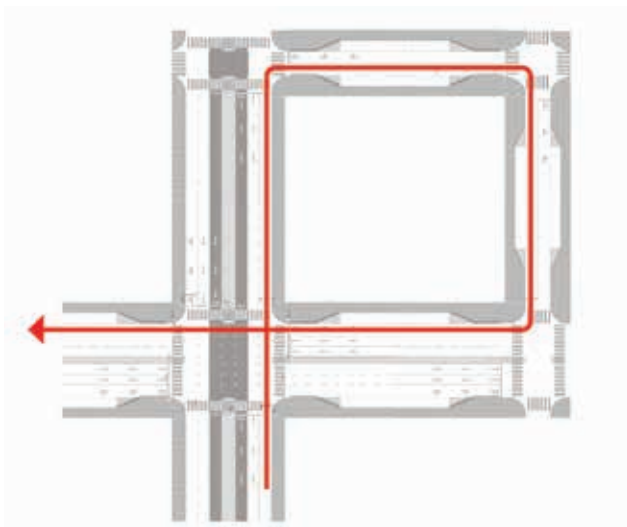


Рисунок 24. Кольцевой объезд вокруг квартала, Вариант 1: за перекрестком, на котором запрещен левый поворот

на параллельной улице, что, по сути, является прямым переносом рисков с автобусного коридора на другую улицу. Здесь требуется соблюдение тех же условий, что и для варианта 1: улицы должны быть способны вместить дополнительный транспортный поток, и объезд не должен получаться слишком длинным.

Знаки, обозначающие кольцевой объезд вокруг квартала

Независимо от того, где начинается кольцевой объезд вокруг квартала – до или после перекрестка – знаки, оповещающие водителей об объезде, должны быть установлены на подъезде к перекрестку с соответствующей стороны. Конкретное оформление и расположение знаков должны соответствовать спецификациям соответствующих местных или национальных стандартов проектирования. Мы рекомендуем следующие принципы размещения и оформления знаков, предупреждающих о кольцевом объезде вокруг квартала:

Размещение

- Знаки, предупреждающие о кольцевом объезде вокруг квартала, всегда должны устанавливаться до перекрестка, на котором запрещен левый поворот, независимо от того, начинается кольцевой объезд до или после перекрестка. В случае реализации варианта 2, знак должен размещаться перед предыдущим перекрестком, чтобы водитель успел выполнить правый поворот и начать объездной маневр до перекрестка, на котором левый поворот запрещен.
- На широких улицах (более трех полос для движения смешанного транспорта в каждом направлении) следует рассмотреть возможность размещения знаков, предупреждающих о кольцевом объезде, над проезжей частью, а не на тротуаре, или же

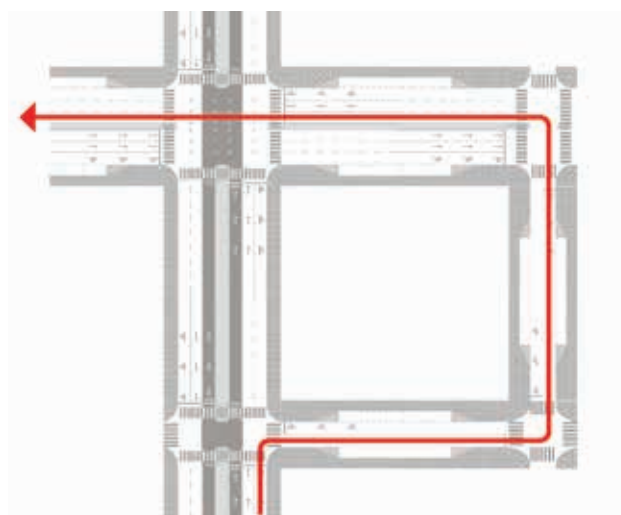


Рисунок 25 Кольцевой объезд вокруг квартала, Вариант 2: до перекрестка, на котором запрещен левый поворот

разместить их и на тротуаре, и над разделительной полосой, чтобы обеспечить хорошую видимость.

Оформление

- Знак должен быть как можно более простым, и содержать только минимум информации, необходимой для понимания конфигурации кольцевого объезда вокруг квартала.
- Знак должен быть достаточно большим, чтобы водитель, проезжающий на максимально допустимой скорости, мог его легко заметить и разобрать.
- На знаке не следует писать названия всех улиц. Указать следует название только той поперечной улицы, левый поворот на которую запрещен, чтобы обозначить, для въезда на какую улицу предназначен этот кольцевой объезд.

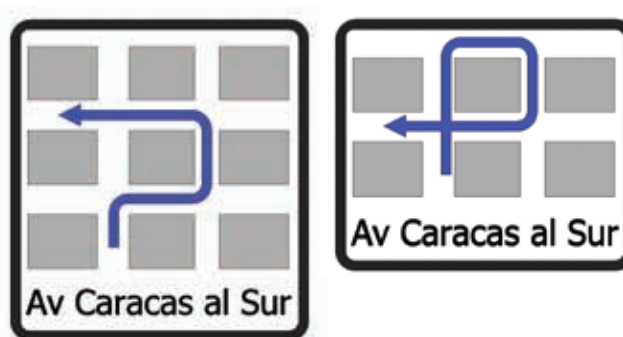


Рисунок 26 Рекомендованное оформление двух вариантов знаков для предупреждения о кольцевом объезде. Обратите внимание, что на знаках предоставлен абсолютный минимум необходимой информации, и единственное название улицы, указанное на знаке – это название поперечной улицы, левый поворот на которую запрещен.

Расширение участка тротуара для перекрытия парковочной полосы вблизи перекрестка помогает сократить ширину примыкания и продолжительность пешеходного перехода. Реализовать это решение можно сравнительно легко, оно не уменьшает пропускную способность перекрестка и может очень эффективно повысить безопасность движения для пешеходов.

Данная мера также помогает устранить конфликты между транспортными средствами, заезжающими и выезжающими с парковочной полосы на поперечной улице, и транспортными средствами, совершающими правый поворот из коридора БРТ.

Помимо светофоров для транспорта, на всех сторонах перекрестка следует устанавливать отдельные светофоры для пешеходов. Кроме того, на противоположной стороне перекрестка, в каждом направлении, следует устанавливать дублирующие светофоры.

Радиус правого поворота должен быть минимальным, чтобы обеспечить компактность примыкания дорог, однако достаточным для выполнения поворота крупногабаритными транспортными средствами.

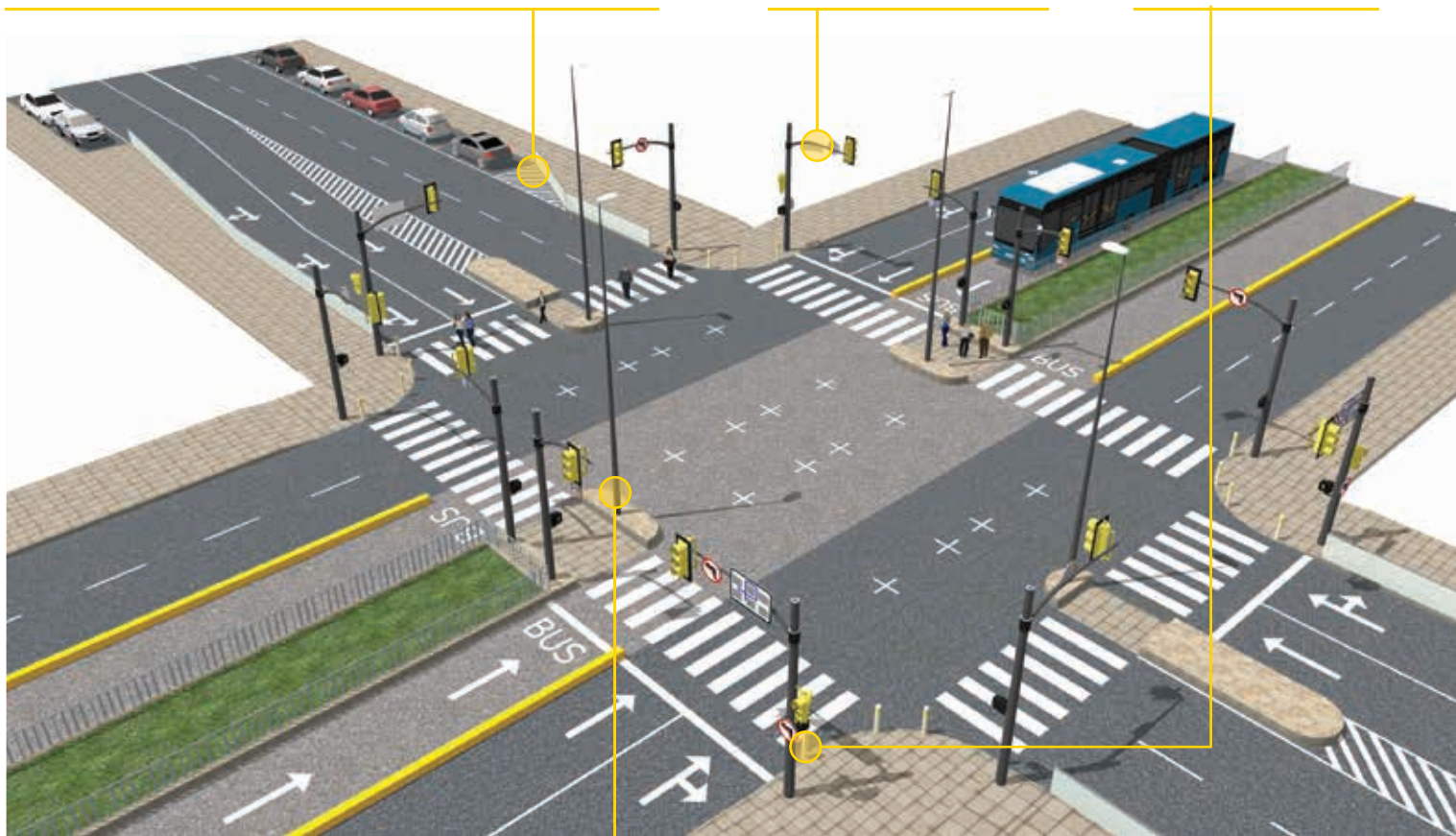


Рисунок 27 Большой четырехсторонний перекресток, левые повороты запрещены

Следует убедиться, что центральная зона перекрестка достаточно освещена, чтобы транспортные средства и пешеходы, пересекающие перекресток ночью, имели достаточно хорошую видимость.



Следует установить знаки, предупреждающие о запрете левого поворота, и о соответствующем кольцевом объезде вокруг квартала. Найдите образцы соответствующих знаков в применимых местных или национальных стандартах. Знаки, обозначающие кольцевой объезд, должны быть как можно более простыми и понятными для проезжающего через перекресток водителя.

5.2. БОЛЬШОЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК, ЛЕВЫЕ ПОВОРОТЫ ЗАПРЕЩЕНЫ

Перекрестки коридоров БРТ с другими крупными городскими магистралями входят в число мест, на долю которых приходится наибольшее число ДТП на коридорах БРТ. Это ключевые точки, куда следует направить усилия по повышению безопасности дорожного движения.

Проектное решение, представленное на рисунке 27, объединяет в себе несколько элементов, помогающих повысить безопасность дорожного движения, из числа описанных в предыдущем разделе: компактные, простые перекрестки, запрет левых поворотов, короткие пешеходные переходы, защищенные островки безопасности в центре улицы, ограждающие конструкции и знаки, понятно предупреждающие о кольцевых объездах вокруг кварталов, заменяющих собой запрещенные левые повороты. На подписях к рисунку дается дополнительная информация о конструктивных элементах, устройство которых целесообразно рассмотреть для повышения безопасности дорожного движения.

Обратите внимание, что в этом проектном решении в состав коридора не включена велосипедная инфраструктура. Согласно этому сценарию, коридор для велосипедистов размещен на параллельной улице, чтобы избежать риска использования велосипедистами автобусных полос. Если в проектируемом транспортном коридоре ожидается большой объем велосипедного движения, мы рекомендуем устраивать отдельные велосипедные дорожки.

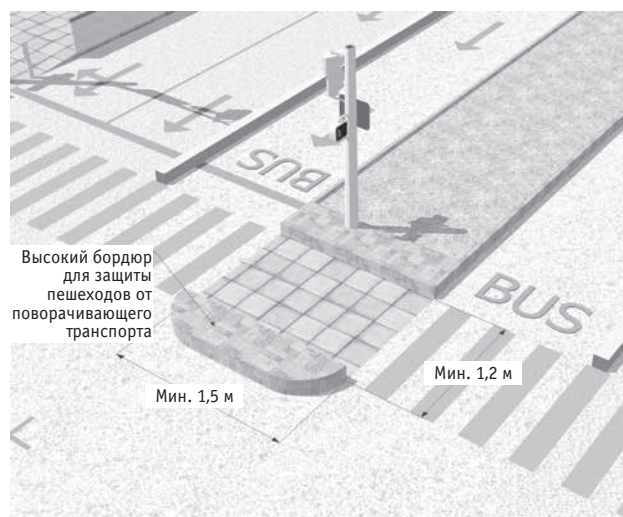


Рисунок 28 Деталь пешеходного островка безопасности. Островок безопасности должен располагаться на одном уровне с проезжей частью и быть защищен от транспортного потока высоким бордюром. Островок должен предоставлять достаточно пространства для прогнозируемого числа пешеходов и вмещать, как минимум, человека с детской коляской.

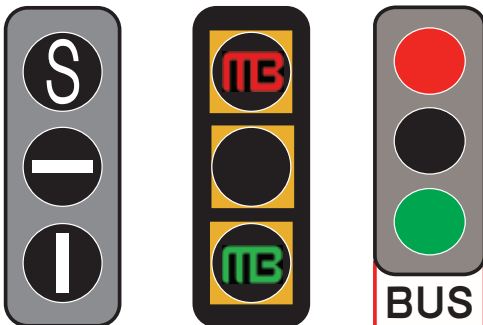
Левые повороты должны совершаться с полосы, смежной с автобусной полосой. Для поворачивающего транспорта необходимо предусмотреть выделенную фазу светофора для левого поворота, во время которой для всех других направлений должен гореть красный свет.

На улицах с осевым размещением выделенного автобусного коридора, начало выполнения левого поворота происходит дальше от оси проезжей части, чем на большинстве других типов улиц. В результате, может быть затруднительно организовать два левых поворота так, чтобы пути поворачивающего транспорта не пересекались. Распространенным проекторочным решением этой проблемы в системе «TransMilenio» г. Богота является разрешение только одного из двух левых поворотов (как правило, в направлении с большей интенсивностью транспортного потока) и замена второго левого поворота кольцевым объездом вокруг квартала.



Рисунок 29 Большой четырехсторонний перекресток, левые повороты разрешены

Мы рекомендуем устанавливать отдельные автобусные светофоры по всей длине системы БРТ или выделенного автобусного коридора. Они должны быть легко отличимы от обычных светофоров. Приведем несколько вариантов дизайна автобусных светофоров:



(слева: автобусный светофор, соответствующий требованиям Дании; по центру: светофор системы «Metrobús» в г. Мехико; справа: обычный светофор со знаком «BUS» («автобус»)).

Таблица 9 Потенциальное влияние запрета левого поворота на изменение уровня безопасности дорожного движения

Средневзвешенное влияние запрета левого поворота	% изменения в числе ДТП	95% доверительный интервал
ДТП с травмами или смертельным исходом	-22%	(-12%, -32%)
Столкновения транспортных средств	-26%	(-10%, -43%)

5.3. БОЛЬШОЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК С РАЗРЕШЕННЫМИ ЛЕВЫМИ ПОВОРОТАМИ

Мы рекомендуем разрешать левые повороты с улицы, где проходит система БРТ или выделенный автобусный коридор, только в тех местах, которые отвечают одному из следующих критериев:

- на перекрестке ожидается большой поток транспорта, выполняющего левый поворот, и этот поток невозможно перенести на соседние или близлежащие улицы, что делает кольцевой объезд вокруг квартала практически нецелесообразным.
- к перекрестку примыкают районы со слишком длинными сторонами кварталов, что означает, что самый короткий возможный кольцевой объезд вокруг квартала потребует сделать большой «крюк». Такая ситуация может сложиться в промышленных зонах, вблизи крупных университетских городков или в городах с редкой сетью улиц.

Если левые повороты на перекрестке разрешены, для них должна быть предусмотрена отдельная светофорная фаза и выделенная поворотная полоса. Мы не рекомендуем разрешать смешанному транспорту заезжать на автобусную полосу и делать полосу для левого поворота автобусов и остального транспорта – общей. Данные из городов Богота, Мехико и Гвадалахара доказывают, что, если смешанному транспорту разрешается заезжать на автобусные полосы, это часто приводит к столкновению с автобусами.

Разрешение левых поворотов с улицы, по которой проходит автобусный коридор, сократит общую длительность зеленого сигнала светофора для автобусов, так как автобусы должны стоять на красный свет во время всей фазы левого поворота. Конкретное влияние на пропускную способность перекрестка в этом случае будет зависеть от фактической продолжительности фаз светофорного регулирования и числа разрешенных левых поворотов.

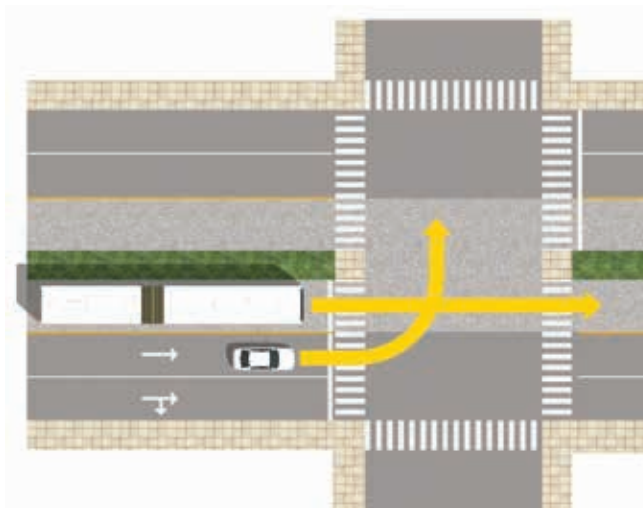
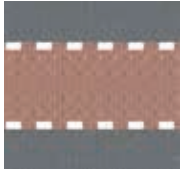


Рисунок 30 Схема ДТП: наиболее распространенный тип ДТП с участием автобусов в системах БРТ или в выделенных автобусных коридорах с осевым размещением: смешанный транспорт выполняет неразрешенный левый поворот перед автобусом.

Если на перекрестке разрешить левые повороты только с одной улицы, пропускная способность этого перекрестка все еще останется значительно выше, чем фактическая пропускная способность самого коридора, которая сокращается за счет остановок и устройства остановочных комплексов. Однако если разрешить левые повороты как с главной, так и со второстепенной улицы, предусмотрев для этого выделенные фазы светофора, возникает риск, что этот перекресток превратится в узкое место всего коридора.

Левые повороты – это один из случаев, когда реализация одной и той же рекомендации позволяет одновременно улучшить и безопасность, и операционные показатели. Запрет левых поворотов освобождает перекрестки от опасных маневров, и одновременно сводит к минимуму число необходимых фаз светофора, таким образом, максимально повышая пропускную способность автобусного коридора.



Разметка велосипедной дорожки должна продолжаться, пересекая перекресток. В данном примере мы использовали пунктирную линию с широким штрихом, чтобы обозначить для велосипедистов места, где автомобили могут заезжать на велодорожку. Для выбора правильного варианта разметки следует обратиться к соответствующим национальным стандартам.



Рисунок 31 Перекресток с велосипедными дорожками

Рекомендуемая разметка для велодорожек



Мы рекомендуем разнести стоп-линии для смешанного транспортного потока и для велосипедов, вынеся стоп-линию на велодорожке немного вперед. Это поможет обеспечить лучшую видимость велосипедистов для водителей, выполняющих правый поворот.

Здесь показано вынесение велосипедной стоп-линии на 1 метр вперед относительно стоп-линии для смешанного транспорта. Разнесение стоп-линий может выполняться даже на большее расстояние, до 5 метров.

5.4. БОЛЬШОЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК С ВЕЛОСИПЕДНЫМИ ДОРОЖКАМИ

Здесь мы иллюстрируем проектное решение для перекрестков с велосипедными дорожками по улице, где размещен автобусный коридор.

Наиболее серьезная конфликтная ситуация, которую следует учитывать в данной связи, возникает между велосипедистами, пересекающими перекресток и транспортными средствами, выполняющими правый поворот. Главным мероприятием для повышения безопасности здесь является обеспечение прямой видимости велодорожек на подъезде к перекрестку для всех водителей. Мы рекомендуем исключить все большие физические препятствия, такие как ограждающие конструкции вдоль велодорожек, за несколько метров до начала перекрестка, чтобы обеспечить лучшую видимость. В качестве разграничительных конструкций, вплоть до перекрестка можно использовать невысокие бордюры.

Велосипедная дорожка, пересекающая перекресток, должна быть четко обозначена, и ее разметка должна ясно давать понять велосипедистам, что в этом месте пересекать велодорожку могут и другие транспортные средства.

Единственное воздействие велосипедных дорожек на работу автобусной системы касается необходимости исключения заезда велосипедистов на автобусную полосу, что, соответственно, исключит возможные задержки автобусов, которым, в противном случае, могут мешать едущие впереди автобуса велосипедисты. Во всех других случаях, пропускная способность или операционная скорость автобусной системы никак не страдает от наличия велосипедной дорожки.



Рисунок 32 Пример использования знаков и разметки велосипедной дорожки



Рисунок 33 Малый четырехсторонний перекресток с возможностью сквозного проезда

5.5. МАЛЫЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК С ВОЗМОЖНОСТЬЮ СКВОЗНОГО ПРОЕЗДА

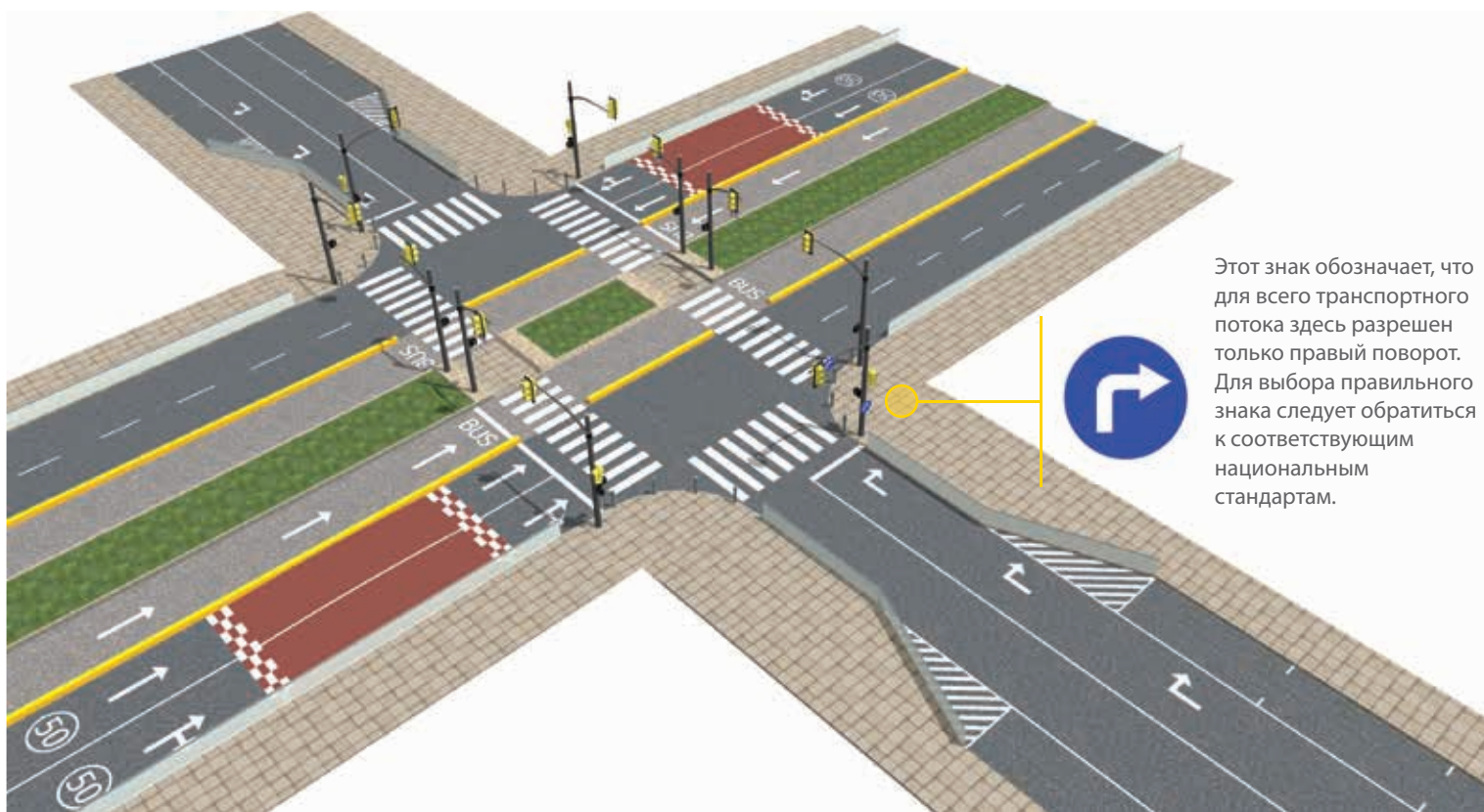
В предыдущих разделах мы уже рассмотрели большинство сложностей с обеспечением безопасности дорожного движения на перекрестках данного типа. Основным проекторочным решением для повышения безопасности этого типа перекрестка является обеспечение максимальной компактности перекрестка, что подразумевает минимальную ширину проезжей части примыкающих дорог и максимально короткую протяженность пешеходных переходов, а также исключение заезда постороннего транспорта на автобусную полосу.

Также важно обеспечить, чтобы зеленая фаза светофора на улице, пересекающей автобусный коридор, давала пешеходам достаточно времени на пересечение всех полос этой улицы за одну фазу светофора.

На приведенном ниже примере проектного решения также показано, как можно разместить ограждающие конструкции для защиты пешеходов вдоль края тротуара, вместо помещения бетонной тумбы по центру входа на пешеходный переход. Такое размещение ограждающих конструкций также позволит защитить тротуар от неразрешенной парковки.

Таблица 10 Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет преобразования сквозного четырехстороннего перекрестка в два смежных трехсторонних перекрестка

		% сокращения числа ДТП	95% доверительный интервал
Преобразование четырехстороннего перекрестка в два смежных трехсторонних перекрестка	ДТП с травмами или смертельным исходом	-66%	(-88%, -1%)
	Все ДТП	-57%	(-70%, -37%)



Этот знак обозначает, что для всего транспортного потока здесь разрешен только правый поворот. Для выбора правильного знака следует обратиться к соответствующим национальным стандартам.

Рисунок 34 Сквозной проезд по поперечной улице перекрыт.

5.6. МАЛЫЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК С ПЕРЕКРЫТЫМ СКВОЗНЫМ ПРОЕЗДОМ ПО ПОПЕРЕЧНОЙ УЛИЦЕ ИЛИ ДВА СМЕЖНЫХ ТРЕХСТОРОННИХ ПЕРЕКРЕСТКА

Исключение возможности сквозного проезда по поперечной улице позволяет добиться сокращения числа ДТП на данном перекрестке на 57% (Таблица 10). Тем не менее, такое переустройство перекрестка может не дать никаких преимуществ пешеходам. По факту происходит следующее: когда разделительная полоса улицы, по которой пролегает автобусный коридор, продлевается через весь перекресток, обычной практикой в существующих системах БРТ является также демонтаж светофоров и удаление пешеходных переходов. Однако, как показывает наш опыт и наблюдения, сделанные в ходе инспекций безопасности дорожного движения, пешеходы продолжают пересекать улицы в этих местах, и подвергаются риску ДТП. Поэтому мы рекомендуем сохранять пешеходные переходы и светофоры. Кроме того, некоторые водители неохотно останавливаются на красный свет, если единственный конфликт, который они видят – это конфликт с пешеходом. Мы рекомендуем смягчить этот потенциальный риск устройством перед перекрестком искусственных неровностей типа «лежащий полицейский».

Пропускная способность автобусных полос на данном перекрестке по-прежнему останется ограничена продолжительностью фазы зеленого сигнала пешеходного светофора на поперечной улице; таким образом, при прочих равных условиях, перекрытие сквозного проезда по поперечной улице не оказывает влияния на пропускную способность. Однако по сравнению с обычной практикой устранения светофоров и пешеходных переходов в тех местах коридоров БРТ, где осуществляется такое переустройство улицы, сохранение светофорного регулирования и пешеходных переходов приведет к снижению средней операционной скорости. Это подразумевает необходимость компромисса между операционной скоростью в автобусном коридоре и безопасностью пешеходов. Наша рекомендация – организовывать как минимум один регулируемый пешеходный переход каждые 300 метров.

5.7. МАЛЫЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК, ВЕЛОСИПЕДНЫЕ ПОВОРОТЫ

Здесь особенно важны дублирующие светофоры на противоположной стороне улицы. Велосипедисты, ожидающие на выделенных площадках своей очереди на левый поворот, не видят основной светофор и полагаются исключительно на сигналы дублирующего светофора.



Рисунок 35 Малый четырехсторонний перекресток, велосипедные повороты

Здесь особенно важны дублирующие светофоры на противоположной стороне улицы. Велосипедисты, ожидающие на выделенных площадках своей очереди на левый поворот, не видят основной светофор и полагаются исключительно на сигналы дублирующего светофора.

Буферная зона между парковочной полосой и велосипедной дорожкой поможет защитить велосипедистов от столкновения при неожиданном открывании дверей припаркованных автомобилей – это распространенная проблема безопасности велосипедистов.

5.8. ПЕРЕКРЕСТКИ С ВЕЛОСИПЕДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Основным вопросом при организации безопасного дорожного движения на перекрестке, где обе улицы оснащены велосипедной инфраструктурой, является устройство левых поворотов для велосипедистов. Здесь проектировщик располагает несколькими вариантами, в число которых входит устройство велосипедных площадок для одноэтапного левого поворота и площадок для двухэтапного поворота (из сборника «НАСТО 2011» Национальной ассоциации глав служб городского транспорта США). Мы рекомендуем устраивать площадки для двухэтапного поворота, как показано на Рисунках 36 и 37. Обратите внимание, что функции площадки для двухэтапного поворота отличаются от функций площадок для одноэтапного левого поворота. Велосипедисты, желающие повернуть налево, сначала пересекают перекресток по ходу движения, а затем ожидают на площадке зеленого сигнала светофора для пересечения поперечной улицы. Когда загорается зеленый сигнал светофора для пересечения поперечной улицы, велосипедисты пересекают коридор БРТ вместе с остальным транспортным потоком, таким образом завершая поворот.

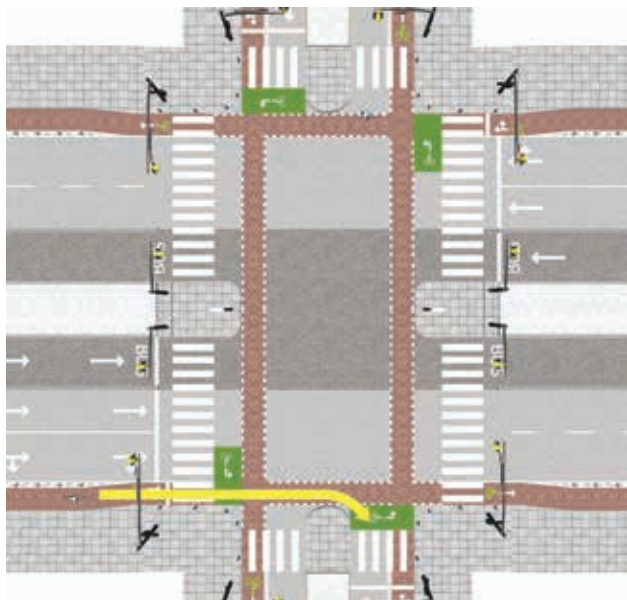


Рисунок 36 Первый этап левого поворота: Велосипедисты продолжают ехать прямо по ходу движения коридора БРТ на зеленый свет и останавливаются на выделенной площадке по правой стороне дорожки, где ожидают смены сигнала светофора.

Это распространенное проектировочное решение (из сборника «НАСТО 2011») также оптимально сводит к минимуму конфликтные ситуации между велосипедистами и другими участниками дорожного движения. В зависимости от местного контекста и предыдущего опыта использования подобного типа проектировочных решений, данная конфигурация может оказаться новой и относительно необычной. Преимущества такого устройства велосипедного поворота следует тщательно взвесить с учетом необходимости проведения соответствующего обучения и реализации мер контроля, чтобы обеспечить правильное использование велосипедистами площадок для поворота.

Если велосипедисты не будут хорошо понимать, как использовать эту инфраструктуру, никакого повышения безопасности дорожного движения за счет ее введения не произойдет. Для получения дополнительной информации о других вариантах устройства левых поворотов для велосипедистов, обратитесь к справочнику «НАСТО 2011».

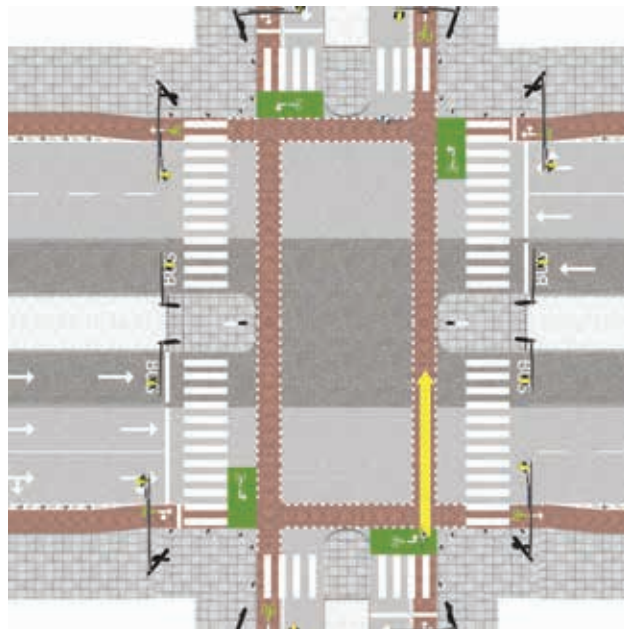


Рисунок 37 Второй этап левого поворота: Когда загорается зеленый сигнал светофора на поперечной улице, велосипедисты пересекают коридор БРТ вместе с остальным транспортным потоком. Обратите внимание на важность дублирующего светофора на противоположной стороне улицы. Велосипедисты, ожидающие на выделенных площадках своей очереди на левый поворот, не видят основной светофор и полагаются исключительно на сигналы дублирующего светофора, расположенного на противоположной стороне перекрестка.

Разметка дорожного полотна при боковом размещении автобусной полосы должна четко указывать на то, что смешанный транспорт с этой полосы имеет право поворачивать только направо, но автобусы являются исключением из этого правила. Для выбора правильной разметки или знаков, используемых в этой ситуации, следует обратиться к соответствующим национальным стандартам.

Радиус поворота вдоль тротуара при такой организации движения намеренно сделан коротким, чтобы предотвратить случайный заезд транспорта, совершившего правый поворот, на автобусную полосу. При этом пространства для безопасного правого поворота с пересечением автобусной полосы, чтобы выехать на одну из полос для движения смешанного транспорта – достаточно. Однако поворот малого радиуса не следует устраивать в тех случаях, когда ожидается частая необходимость правого поворота спецтранспорта, имеющего право движения по автобусной полосе (например, машины технического обслуживания, местные маршруты, имеющие право проезда по выделенной автобусной полосе, машины скорой помощи и т. д.)

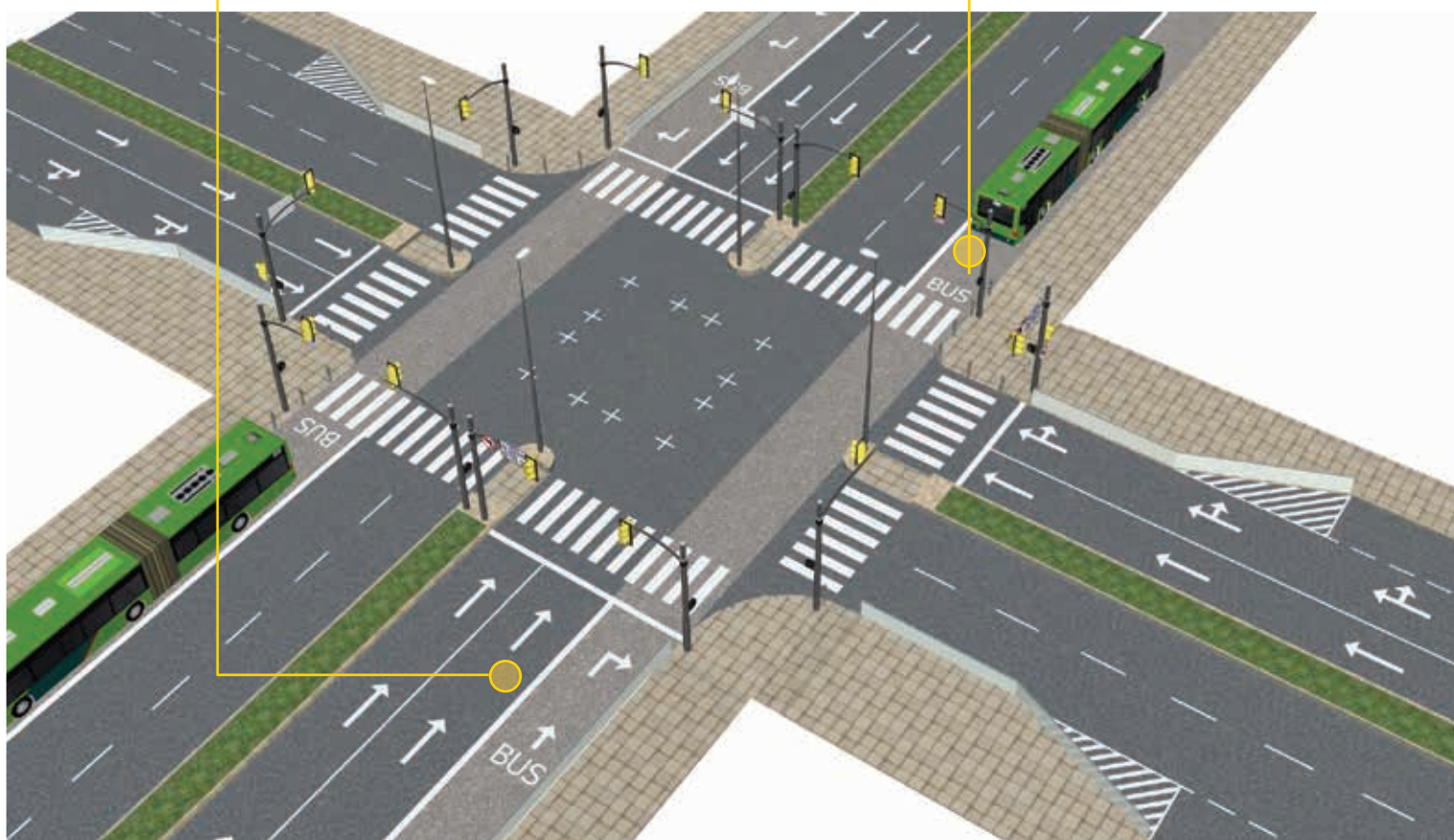


Рисунок 38

Устройство перекрестка при боковом размещении коридора БРТ

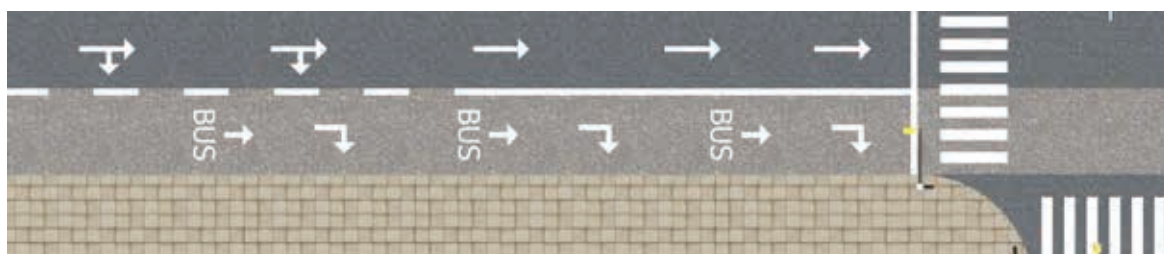


Рисунок 39 План участка примыкания к перекрестку улицы с боковым размещением автобусного коридора. На подъезде к перекрестку транспорт, которому требуется выполнить правый поворот, может заранее перестроиться на боковую автобусную полосу, а затем свернуть с автобусной полосы направо. Участок, на котором предусмотрена возможность перестроиться на автобусную полосу, должен иметь протяженность не менее 50 метров.

5.9. БОЛЬШОЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК: БОКОВОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ КОРИДОРА СИСТЕМЫ БРТ ИЛИ ВЫДЕЛЕННОГО АВТОБУСНОГО КОРИДОРА

Одним из основных вопросов при организации безопасного дорожного движения на перекрестке с боковым размещением автобусных полос является устройство правых поворотов. Запрет правых поворотов с пересечением автобусных полос может серьезно ограничить мобильность и доступ к прилегающей

территории. Поэтому следует позволить потоку смешанного транспорта либо перестраиваться перед поворотом на автобусную полосу, либо выполнять поворот со второй полосы, пересекая автобусную полосу, но на отдельную фазу светофора.



Рисунок 41

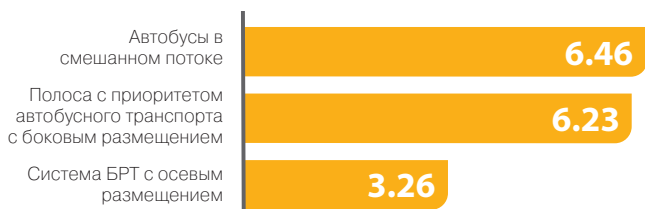
Перекресток: организация полос с приоритетом автобусного транспорта и полос для движения смешанного транспорта

5.10. БОЛЬШОЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЙ ПЕРЕКРЕСТОК, СТОРОНА КВАРТАЛА МЕНЕЕ 200 МЕТРОВ: БОКОВОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ КОРИДОРА СИСТЕМЫ БРТ ИЛИ ВЫДЕЛЕННОГО АВТОБУСНОГО КОРИДОРА

Если протяженность стороны квартала составляет менее 200 метров (что распространено в районах плотной застройки в центре города) автобусный коридор с боковым размещением будет работать, по большому счету, как обычная автобусная система общественного транспорта в смешанном транспортном потоке.

Анализ данных по ДТП доказывает, что профиль безопасности систем с приоритетом автобусного транспорта с боковым размещением не столь хорош, как у систем с осевым размещением, хотя даже при такой организации дорожного пространства уже достигается улучшение по сравнению с обычными автобусными системами общественного транспорта.

Как мы уже упоминали выше в разделе «Краткий обзор исследования», данное обстоятельство не обязательно связано с методом устройства самой автобусной системы. Скорее, в данном случае повышение безопасности не происходит за счет того, что типовое устройство коридоров с приоритетом автобусного транспорта с боковым размещением не предусматривает такую реорганизацию улицы, как добавление разделительной полосы по центру дороги, укорачивание протяженности пешеходных переходов или запрет левых поворотов – типичные характеристики систем с осевым размещением, которые также продемонстрировали значительное влияние на повышение безопасности дорожного движения.



Среднегодовое число ДТП на километр полосы на 1 млн. ТС

Рисунок 40 Сравнение профилей безопасности дорожного движения в трех типах автобусных коридоров в г. Гвадалахара, Мексика



Рисунок 42

Участники ДТП в коридорах с боковым размещением автобусных полос в г. Гвадалахара (проспект Avenida Alcalde), по типам транспортных средств.

5.11. ПОНИМАНИЕ ФАКТОРОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ СОБЛЮДЕНИЕ ПЕШЕХОДАМИ СИГНАЛОВ СВЕТОФОРОВ

В главах 3 («Рекомендации по проектированию сегментов улиц: перегонные участки») и 5 («Рекомендации по проектированию перекрестков»), мы рекомендуем оснащать все пешеходные переходы, устроенные на городских магистралях на уровне проезжей части, светофорным регулированием в целях обеспечения безопасности пешеходов. Также важно обратить пристальное внимание на удобство циклов светофорного регулирования и понять факторы, которые способствуют соблюдению пешеходами светофорных сигналов. Регулируемый переход, на котором большинство пешеходов не соблюдают сигналы светофора, не добавляет каких-либо существенных преимуществ для безопасности дорожного движения. В большинстве городов, которые мы изучали для подготовки этой публикации, светофорное регулирование почти исключительно спланировано так, чтобы служить цели повышения транспортной пропускной способности улиц. Поведение пешеходов в расчет обычно не принимается, что приводит к сложной конфигурации сигналов и длительному времени ожидания – оба эти фактора способствуют плохому соблюдению пешеходами сигналов светофора. Число случаев перехода улиц на красный свет было очень высоко в большинстве

городов, которые были включены в наше исследование (Рисунок 43), и это, несомненно, представляет собой проблему с точки зрения безопасности дорожного движения.

Несмотря на то, что, разумеется, проблема перехода улиц на красный свет затрагивает и аспекты контроля за соблюдением правил, и аспекты обучения пешеходов, исследования также показывают, что физическая конструкция перекрестка и особенно конфигурация сигналов светофоров, могут оказать значительное влияние на уровень соблюдения правил перехода на соответствующий свет среди пешеходов (например, Zhou et. al 2011; Cooper et. al 2012).

В рамках исследования, которое проводилось при подготовке данной публикации, мы изучили поведение пешеходов на регулируемых перекрестках и выяснили, как распространенные конструкции перекрестков и конфигурации сигналов светофора влияют на принятие пешеходом решения пересечь улицу на красный свет. Подробное описание методологии сбора данных и анализа, проведенного для этого исследования, можно найти в работе Duduta, Zhang and Kroneberger 2014. Здесь мы излагаем основные выводы и их значение для конфигурации перекрестков и сигналов светофора.



Рисунок 43 Пешеходы, переходящие проезжую часть на красный свет: пересадочный узел Eminonu, г.Стамбул (слева), и близ остановки автобуса-экспресса на проспекте Salvador Allende, г. Рио-де-Жанейро (справа)

Таблица 11 Двоичная модель вероятности с логистическим распределением для прогнозирования выбора решения пешехода пересечь улицу на красный свет на регулируемом перекрестке (положительное значение указывает на высокую вероятность решения перейти на красный свет)

Факторы, влияющие на решение	Коэффициент	Вероятность
Человек с ограниченной подвижностью (=1 если да, =0 если нет)	-3.813	0.000
Разрыв в транспортном потоке (несколько секунд до следующего транспортного средства)	0.037	0.000
Интенсивность транспортного потока (ТС / секунд / число полос)	-12.525	0.000
Продолжительность ожидания пешеходов на светофоре (формула из «Highway Capacity Manual» – «Руководства по оценке пропускной способности автомобильных дорог», секунды)	0.012	0.023
Конфликт с левым поворотом (=1 если да, =0 если нет)	0.873	0.000
Фаза «всем красный» («очистка перекрестка») (=1 если да, =0 если нет)	1.02	0.001
Длина пешеходного перехода (в метрах)	-0.298	0.000
Константа	1.576	0.000
Число наблюдений		1570
Логарифмическое правдоподобие		-494.342
Коэффициент правдоподобия χ^2 (вероятность > χ^2)		294.16 (0.000)

Источник: Duduta, Zhang, and Kroneberger 2014

Одним из ключевых выводов по результатам Таблицы 11 является то, что средняя продолжительность ожидания пешеходов на светофоре является значимым прогностическим фактором, обуславливающим вероятность соблюдения сигнала светофора. Продолжительность ожидания на светофоре, по сути, является функцией длительности зеленого сигнала для пешеходов и длительности одного цикла светофорного регулирования:

$$d_p = \frac{(C - g_{пеш, мин})^2}{2C}$$

(Формула 18–71, «Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог»)

Где d_p – это продолжительность ожидания пешеходов на светофоре, C – длительность одного цикла светофорного регулирования, $g_{пеш, мин}$ – это фактическое время ходьбы для перехода улицы за одну фазу зеленого сигнала светофора на второстепенной улице (рассчитывается как длительность зеленого сигнала плюс 4 секунды); все значения приведены в секундах. Продолжительность ожидания пешеходов на светофоре становится дольше, когда полный цикл светофорного регулирования – продолжительнее, а также когда зеленая фаза для пешеходов – короче. «Руководство по оценке пропускной способности

автомобильных дорог» (далее – Руководство) предлагает только приблизительный способ интерпретации значения продолжительности ожидания пешеходов на светофоре при составлении мнения о прогнозируемом уровне соблюдения сигналов светофора среди пешеходов. В «Руководстве» отмечается, что вероятность перехода улицы на красный свет растет при продолжительности ожидания более 30 секунд, а вероятность перехода на зеленый свет наиболее высока, если продолжительность ожидания пешеходов на светофоре не превышает 10 секунд. В Таблице 12 показаны возможные значения длительности зеленого сигнала светофора для пешеходов, и длительности полного цикла светофорного регулирования, при которых значения продолжительности ожидания пешеходов на светофоре составляют чуть менее 10 и 30 секунд, соответственно.

Пример А отражает распространенную конфигурацию светофорного регулирования пешеходного перехода на основной городской магистрали, которое позволяет пешеходам пользоваться длительностью зеленой фазы для приоритетного транспортного потока. В этом случае, мы прогнозируем высокий уровень соблюдения сигналов светофора среди пешеходов. В Примере С рассматривается ситуация, когда продолжительность зеленой фазы светофора для пешеходов соответствует продолжительности зеленой фазы светофора для второстепенной улицы на большом перекрестке.

Таблица 12 Примеры конфигураций светофорного регулирования и соответствующей продолжительности ожидания пешеходов

Пример	Продолжительность ожидания пешехода (дп)	Длительность зеленой фазы для пешеходов	Длительность полного цикла светофорного регулирования
A	12	40	85
B	76	15	180
C	191	30	440

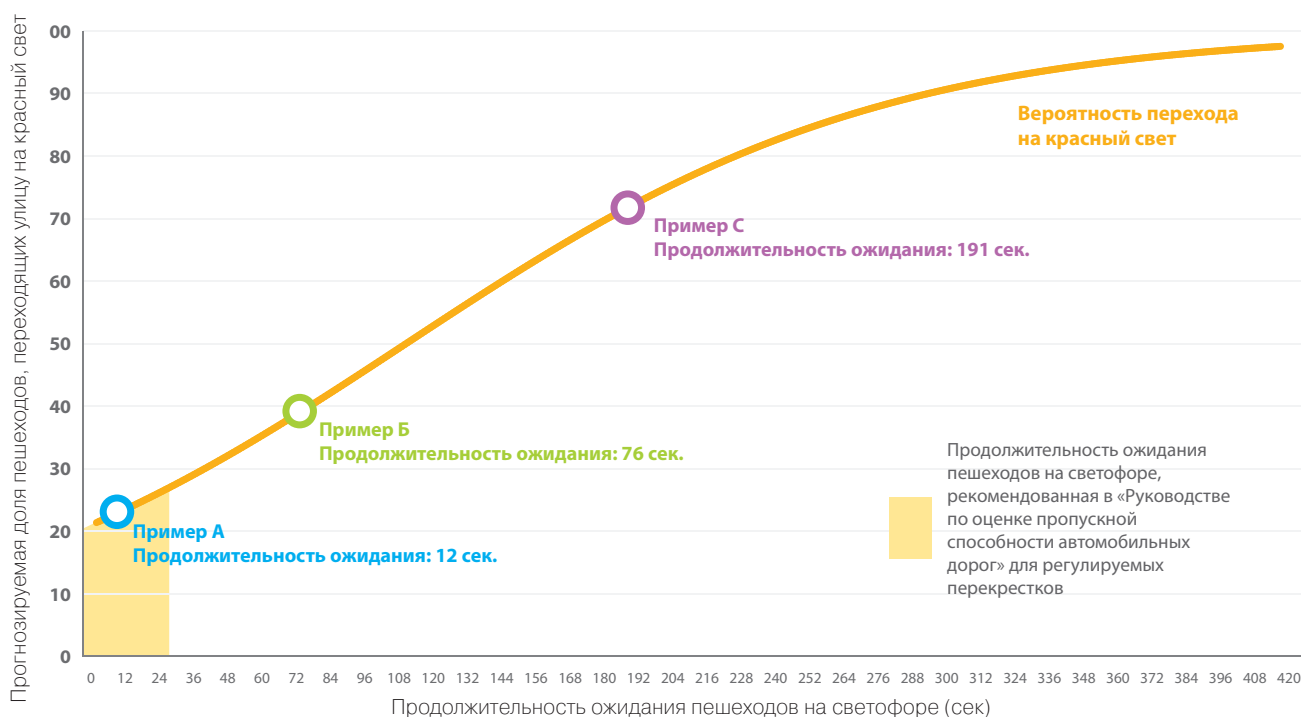


Рисунок 44 Доля пешеходов, переходящих улицу на красный свет на регулируемом перекрестке, обусловленная продолжительностью ожидания пешеходов на светофоре (по данным Duduta, Zhang, Kroneberger 2014)

В этом случае добиться соблюдения сигнала сложнее, так как длительность полного цикла светофорного регулирования достаточно велика, и до включения следующей зеленой фазы для пешеходов должно пройти несколько зеленых фаз для других направлений, что понижает вероятность соблюдения пешеходами сигналов светофора. В Примере С рассматривается крайняя ситуация, когда продолжительность ожидания пешеходов на светофоре очень велика, а длительность полного цикла светофорного регулирования принята равной типичной продолжительности цикла на больших городских перекрестках в индийских мегаполисах.

Помимо длительности различных фаз светофора, виды фаз светофорного регулирования, присутствующие на перекрестке, также оказывают влияние на вероятность перехода улицы пешеходами на красный свет. Пешеходы с большей вероятностью дождутся зеленого сигнала светофора, если основной конфликт во время фазы

красного сигнала светофора создается с поперечным транспортным потоком. Когда поперечный транспортный поток стоит, но разрешены какие-то другие поворотные маневры, вероятность того, что пешеходы примут решение перейти на красный свет становится более высокой. Мы протестировали влияние различных видов фаз светофорного регулирования на вероятность перехода на красный свет, и обнаружили, что высокая вероятность перехода на красный свет связана с выделенной фазой для выполнения левого поворота (Таблица 11). Обратите внимание, что здесь мы говорим о левых поворотах, при которых создается конфликт между поворачивающим транспортом и пешеходами. Физическое устройство перекрестка также влияет на готовность пешеходов соблюдать сигналы светофора. Вероятность того, что пешеходы решат перейти улицу на красный свет более высока, если пешеходный переход короткий. Здесь важно

провести различия между решениями, которые принимаются для улучшения соблюдения сигналов светофора, и решениями, которые принимаются для повышения безопасности перекрестка. И хотя на больших перекрестках меньше пешеходов решит переходить улицу на красный свет, на больших перекрестках также больше пешеходов попадает в ДТП с травмами и смертельным исходом. По

фактическим данным мы установили, что более протяженные пешеходные переходы обуславливают более высокую частоту ДТП с участием пешеходов (Таблица 8). Все это является показателем того, что хотя за счет укорачивания пешеходных переходов повышается безопасность перекрестков, пешеходы в таких более безопасных условиях более склонны к рискованному поведению.

РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОБЛЮДЕНИЯ ПЕШЕХОДАМИ СИГНАЛОВ СВЕТОФОРОВ

Пожалуй, наиболее важным выводом по результатам моделирования является то, что для сведения к минимуму переходов улиц на красный свет, циклы светофорного регулирования должны быть максимально короткими и как можно более простыми. Добавление фаз светофорного регулирования для совершения дополнительных поворотных маневров, или увеличение длительности фаз для увеличения транспортной пропускной способности перекрестка, приведет к увеличению продолжительности ожидания пешеходов на светофорах или усложнению циклов светофорного регулирования. Оба эти варианта, согласно нашим данным, приводят к увеличению доли пешеходов, переходящих на красный свет.

Несмотря на то, что более короткие пешеходные переходы обуславливают более низкий уровень соблюдения сигналов светофора, им всегда следует отдавать предпочтение, так как укороченные пешеходные переходы в любом случае характеризуются лучшим профилем безопасности, а безопасность,

несомненно, является более важным показателем качества пешеходной инфраструктуры, чем доля переходов на красный свет. Мы бы хотели порекомендовать городским архитекторам и транспортным проектировщикам не забывать о том, что сужение проезжей части на любом участке улицы с большой долей вероятности приведет к снижению уровня соблюдения сигналов светофоров среди пешеходов, что, до определенной степени, нивелирует некоторые преимущества этого решения с точки зрения повышения безопасности. В этой связи, хорошей практикой при сужении дорог будет одновременная реализация дополнительных мер для снижения интенсивности транспортного потока, таких как устройство искусственных неровностей типа «лежачий полицейский» на проезжей части, или еще большее сокращение продолжительности ожидания пешеходов на светофорах в тех местах, где длина пешеходных переходов невелика, для улучшения соблюдения пешеходами сигналов светофора.



Рисунок 45 Пешеходы в г. Рио-де-Жанейро переходят улицу на красный свет в отсутствие приближающегося транспортного потока



Рисунок 47 Типичное устройство перекрестка и системы общественного транспорта в историческом центре г. Мехико после ввода в эксплуатацию коридора «Линия 4» системы БРТ «Metrobús»

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

КОРИДОР «ЛИНИЯ 4» СИСТЕМЫ БРТ «METROBÚS», ГОРОД МЕХИКО

КОРИДОР С ПРИОРИТЕТОМ АВТОБУСНОГО ТРАНСПОРТА В ИСТОРИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ ГОРОДА:

Линия 4 – это коридор, входящий в состав растущей системы БРТ «Metrobús» в г. Мехико, протяженность которой по состоянию на 2013 г. составила 95 км, а число пассажирских поездок в день превысило 700 000. Тогда как первые три линии системы БРТ представляют собой коридоры с осевым размещением на крупных городских магистралях, Линия 4 обслуживает узкие улицы в историческом центре города, соединяя два крупных пересадочных узла (Буэнависта и Сан-Лазаро) с международным аэропортом г. Мехико. Ширина узких улиц в историческом центре города поставила перед проектировщиками сложную задачу. Здесь не было возможности создать выделенные автобусные полосы, как на других коридорах системы «Metrobús», так как необходимо было сохранить возможность подъезда к объектам недвижимости и гаражам. Поэтому, Линия 4 была устроена частично на полосах с приоритетом автобусного транспорта, которые она делит с местным транспортным потоком на более узких улицах, и частично – на выделенных полосах там, где имелось достаточно дорожного пространства, чтобы их разместить. Получилась несколько непростая конфигурация, где другим участникам дорожного движения иногда разрешается использовать автобусные полосы, а иногда нет. Это решение потребовало тщательного проектирования, использования вертикальной и горизонтальной разметки, а также мер контроля за соблюдением правил, чтобы помочь участникам дорожного движения понять новое устройство улиц (Рисунок 46).

Еще одна важная задача состояла в необходимости одновременного обеспечения

приоритета общественного транспорта и выделения достаточного пространства для большого числа пешеходов, передвигающихся в историческом центре города. Проектное решение Линии 4 системы «Metrobús» включает в себя ряд существенных характеристик для повышения безопасности пешеходов, которые ранее не были широко распространены на улицах г. Мехико, в том числе, пешеходные светофоры, островки безопасности, бетонные тумбы вдоль края тротуара для предотвращения парковки автомобилей на тротуарах, а также улучшение качества дорожного покрытия, разметки и дорожных знаков, что частично можно увидеть на Рисунке 47. Новая разметка пешеходных переходов и стоп-линий представляет собой существенное улучшение устройства улиц по коридору Линии 4, так как благодаря этому пешеходные переходы на перекрестках стали более заметны водителям заблаговременно и с достаточного расстояния.



Рисунок 46 Новые дорожные знаки и разметка дорожного полотна, обозначающие окончание общей полосы и начало выделенной автобусной полосы, перед которой смешанный транспортный поток должен повернуть направо



Станция на коридоре «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро, Бразилия

ГЛАВА 7

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСТАНОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

7.1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ

Доступ пешеходов к остановочным комплексам

Через остановочные комплексы проходит большее количество пешеходов, чем через большинство других участков автобусного коридора, так как к обычному пешеходному потоку прибавляется поток людей, входящих и выходящих из остановочного комплекса. Высокий риск ДТП с участием пешеходов здесь обусловлен не только их повышенной подверженностью риску, но также их собственным рискованным поведением, в частности, попытками перехода проезжей части в неположенных местах для входа или выхода из остановочного комплекса. На частоту совершаемых пешеходами опасных маневров может также влиять конструкция и расположение остановочного комплекса. Использование закрытых остановочных комплексов с контролируруемыми входами, которые направляют пешеходный поток на регулируемые пешеходные переходы, является самой безопасной конфигурацией. Открытые остановочные комплексы на низкой платформе, как правило, в большей степени способствуют переходу проезжей части в неположенных местах, тогда как закрытые остановочные комплексы на высокой платформе позволяют снизить частоту этих опасных маневров.

Конфликты между автобусами

Данный вопрос более актуален на загруженных коридорах, особенно оснащенных полосами для движения автобусов-экспрессов и обслуживающих одновременно местные и экспресс-маршруты, так как здесь более вероятны конфликты между автобусами различных типов. Наиболее часто конфликты вблизи остановочных комплексов возникают между автобусами, въезжающими или выезжающими с полос для движения автобусов-экспрессов.

На последующих страницах мы представим несколько концепций проектирования остановочных комплексов, которые помогают принять меры касательно основных факторов, определяющих безопасность, которые мы только что обсудили. Основная цель, независимо от типа остановочного комплекса, остается неизменной: обеспечить контроль пешеходного потока и предотвратить переход проезжей части в неположенных местах. Однако в зависимости от конкретного типа остановочного комплекса и метода оплаты за проезд, реализованного в автобусной системе, проектные решения для достижения этой основной цели могут быть разными.

Начнем с проектного решения для остановочного комплекса, расположенного на разделительной полосе коридора БРТ с осевым размещением. Это решение состоит из двух частей: первая касается пешеходного доступа к остановочному комплексу, а вторая включает подробное описание устройства остановочного комплекса и платформы. Проектное решение для организации велосипедного доступа к остановочному комплексу системы БРТ предлагается в следующем разделе (пересадочные и конечные остановочные комплексы). Затем мы рассмотрим частный случай устройства остановочного комплекса на разделительной полосе – такое решение является характерным для систем с высокой пропускной способностью, например, «TransMilenio», и имеющих множество остановочных секций и дополнительные полосы для движения автобусов-экспрессов. В подобном случае, помимо решения вопроса пешеходной доступности, проектировщикам остановочных комплексов также потребуется учитывать потенциальные конфликты между автобусами различных типов. Также мы рассмотрим проектные решения для остановочных комплексов в таких коридорах, где сбор оплаты за проезд перед посадкой в автобус не производится: например, выделенные автобусные коридоры открытого типа, автобусные полосы с боковым размещением или обычные автобусные системы общественного транспорта,двигающиеся в смешанном потоке.



При устройстве системы по типу латиноамериканских городов, может быть целесообразно запретить на перекрестках, прилегающих к остановочным комплексам системы БРТ, как левые, так и правые повороты. Это позволит обеспечить безопасный пешеходный доступ, особенно на остановочных комплексах с большим количеством пешеходов. Правые повороты можно заменить кольцевыми объездами вокруг кварталов, начинающимися за квартал до перекрестка.



Рисунок 49 Доступ к остановочному комплексу на городской магистрали.

Для латиноамериканских систем БРТ распространена ситуация, когда пешеходы подходят к остановочному комплексу вдоль разделительной полосы, пересекая перекресток, особенно если зеленая фаза светофора для линии БРТ относительно более продолжительная. Некоторые системы БРТ, например, «Masrobús» в г. Гвадалахара, внедрили регулируемые пешеходные переходы вдоль разделительной полосы. И хотя мы не располагаем данными о влиянии такого решения на безопасность дорожного движения, система БРТ «Masrobús» в целом демонстрирует хорошие показатели безопасности. Возможность реализации такого решения можно рассмотреть и для других систем БРТ, особенно если уровень соблюдения сигналов светофоров среди пешеходов – низкий, и если ожидается, что люди будут переходить перекресток вдоль разделительной полосы независимо от того, организован ли в этом месте пешеходный переход, или нет.

Недостатком запрета правых поворотов является то, что при перенаправлении транспортного потока через соседние кварталы возникает вероятность того, что риск ДТП просто окажется перенесен на другие улицы. Другим способом устранения конфликтов, связанных с правым поворотом, является устройство выделенной полосы для правого поворота с выделенной фазой светофора. Это решение было успешно применено в городах Нью-Йорк и Вашингтон, и возможность его реализации целесообразно рассматривать в контекстах, когда уровень соблюдения сигналов светофоров среди водителей относительно хороший.



Рисунок 50 Пешеходная зона на выходе из остановочного комплекса Calle 72 системы БРТ «TransMilenio» заполнена до отказа.

7.2. ДОСТУП К ОСТАНОВОЧНОМУ КОМПЛЕКСУ НА ГОРОДСКИХ МАГИСТРАЛЯХ

Для повышения безопасности на остановочных комплексах, мы рекомендуем адаптировать их конструкцию в соответствии с наблюдаемым поведением пешеходов. В частности, проектировщики должны продумать меры ограничения возможностей для перехода проезжей части в неположенных местах, например, проектируя остановочные комплексы закрытыми и используя ограждающие конструкции для направления пешеходного потока на регулируемые пешеходные переходы.

Наиболее важной рекомендуемой нами характеристикой, позволяющей повысить безопасность, является проектирование закрытых остановочных комплексов, независимо от того, реализован ли в автобусной системе сбор оплаты за проезд перед посадкой на автобус или непосредственно на борту автобуса. Входы и выходы из остановочного комплекса должны быть расположены только на регулируемых пешеходных переходах или пешеходных эстакадах.

Еще одна важная характеристика, позволяющая повысить безопасность – это установка межполосных ограждений, разделяющих полосы для движения автобусов и полосы для движения смешанного транспортного потока. Эти ограждающие конструкции должны помогать пресекать попытки пассажиров перебежать автобусные полосы для входа или выхода с остановочного комплекса.

Одной из основных проблем доступа к остановочным комплексам, которую необходимо учесть, является возможность скопления пешеходов на разделительной полосе и островках безопасности.

Из типового остановочного комплекса однополосной системы БРТ, например, «Metrobús» в г. Мехико, обычно ежедневно выходит от 2000 до 12000 пассажиров. Результаты проведенного аудита безопасности дорожного движения в запланированном коридоре БРТ в г. Рио-де-Жанейро показывают, что из некоторых перегруженных остановочных комплексов в часы пик



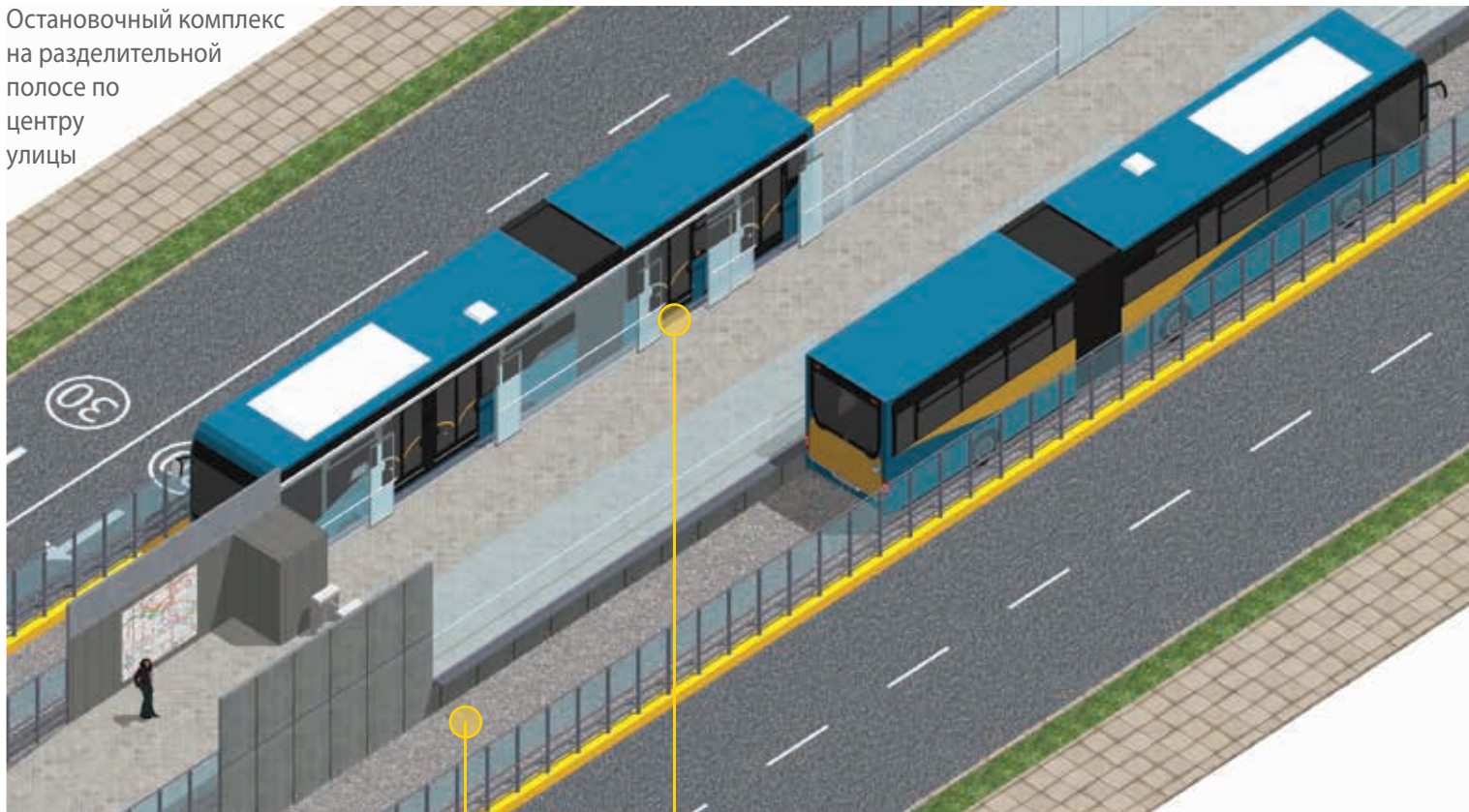
Рисунок 48 Пешеходы перебегают автобусные полосы, пытаются попасть на остановочный комплекс без оплаты проезда, система БРТ «TransMilenio»

может выходить до 100 пассажиров за один цикл светофорного регулирования.

В этих случаях, пути доступа к остановочному комплексу необходимо проработать в контексте режима работы светофоров, чтобы избежать ситуации, когда большое количество пешеходов окажется заперто на узкой разделительной полосе недостаточной площади, чтобы вместить их всех. Простым решением этого вопроса является организация выхода таким образом, чтобы пешеходы всегда успевали перейти с платформы остановочного комплекса на тротуар за одну фазу светофора. Многие проблемы, выявленные нами в ходе аудитов, были обусловлены наличием множества фаз светофора для пешеходов, а это часто создает риск, что большое количество пешеходов окажется заперто на узкой разделительной полосе.

Рисунок 51

Остановочный комплекс на разделительной полосе по центру улицы



Основной характеристикой, позволяющей повысить безопасность за счет конструкции остановочного комплекса, является устройство барьера или ограждения между автобусной полосой и полосой для движения смешанного транспорта. Эти ограждающие конструкции должны помочь пресечь попытки пассажиров перебежать автобусные полосы для входа или выхода с остановочного комплекса.

Раздвижные двери на перегородке, отделяющей платформу остановочного комплекса от автобусов, открывающиеся при остановке автобуса и закрытые в остальное время, являются хорошим инструментом повышения безопасности остановочных комплексов системы БРТ. Двери перегородки должны располагаться точно напротив дверей автобуса, и открываться только в тот момент, когда автобус совершил остановку у платформы остановочного комплекса. Механизм открывания дверей должен быть тщательно спроектирован с тем, чтобы исключить случайное открытие дверей при прохождении мимо автобусов-экспрессов или при остановке автобуса у другой платформы.



Рисунок 52 Пешеход переходит дорогу перед остановочным комплексом, не оснащенным разделительным барьером между автобусной полосой и полосой для движения смешанного транспорта



Рисунок 53 Платформенная перегородка остановочного комплекса системы БРТ в г. Куритиба. Двери открыты, хотя автобуса нет. Это создает угрозу безопасности в переполненном остановочном комплексе, поскольку пассажиры могут случайно упасть на автобусную полосу

7.3. УСТРОЙСТВО ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА В КОРИДОРЕ СИСТЕМЫ БРТ ИЛИ ВЫДЕЛЕННОМ АВТОБУСНОМ КОРИДОРЕ ПРИ ОСЕВОМ РАЗМЕЩЕНИИ

Остановочные комплексы, расположенные на разделительной полосе по центру проезжей части, должны проектироваться как замкнутые пространства – окруженные перегородками или высокими ограждающими конструкциями, направляющими пешеходный поток к конкретным местам входа-выхода, расположенным на регулируемых переходах. Остановочные комплексы должны проектироваться по этим принципам, независимо от используемой системы оплаты за проезд (на борту автобуса или на платформе перед посадкой), или типа транспортных средств.



Рисунок 54 Система БРТ «TransMilenio» в 2006 г.: проход между двумя остановочными секциями в пределах одного остановочного комплекса. Обратите внимание на низкие ограждения, высотой примерно 1 м. Из-за того, что ограждающие конструкции были такими низкими, люди легко через них перепрыгивали, и это создавало серьезную угрозу безопасности пешеходов



Рисунок 55 Система БРТ «TransMilenio» в 2011 г.: высота ограждений вдоль того же самого прохода была увеличена, чтобы перелезть через них было сложнее. Мы рекомендуем устанавливать высокие ограждающие конструкции вдоль любых проходов, соединяющих разные секции одного остановочного комплекса

Установка высоких ограждений между автобусной полосой и полосой для движения смешанного транспорта

Это самый важный элемент безопасности конструкции остановочного комплекса, так как он помогает исключить наиболее опасные маневры пешеходов: «срезание» пути через автобусные полосы с целью нелегального входа и выхода из остановочного комплекса.

Такие ограждения должны иметь высоту, по крайней мере, 1,7 м или выше, если есть возможность, и не предоставлять каких-либо упоров для ног, чтобы пешеходам было непросто через них перелезть. Они должны быть прочными, так как люди, желающие «срезать» путь, часто пытаются сломать ограждения. Ограждения должны устанавливаться по всей длине остановочного комплекса, без каких-либо зазоров.

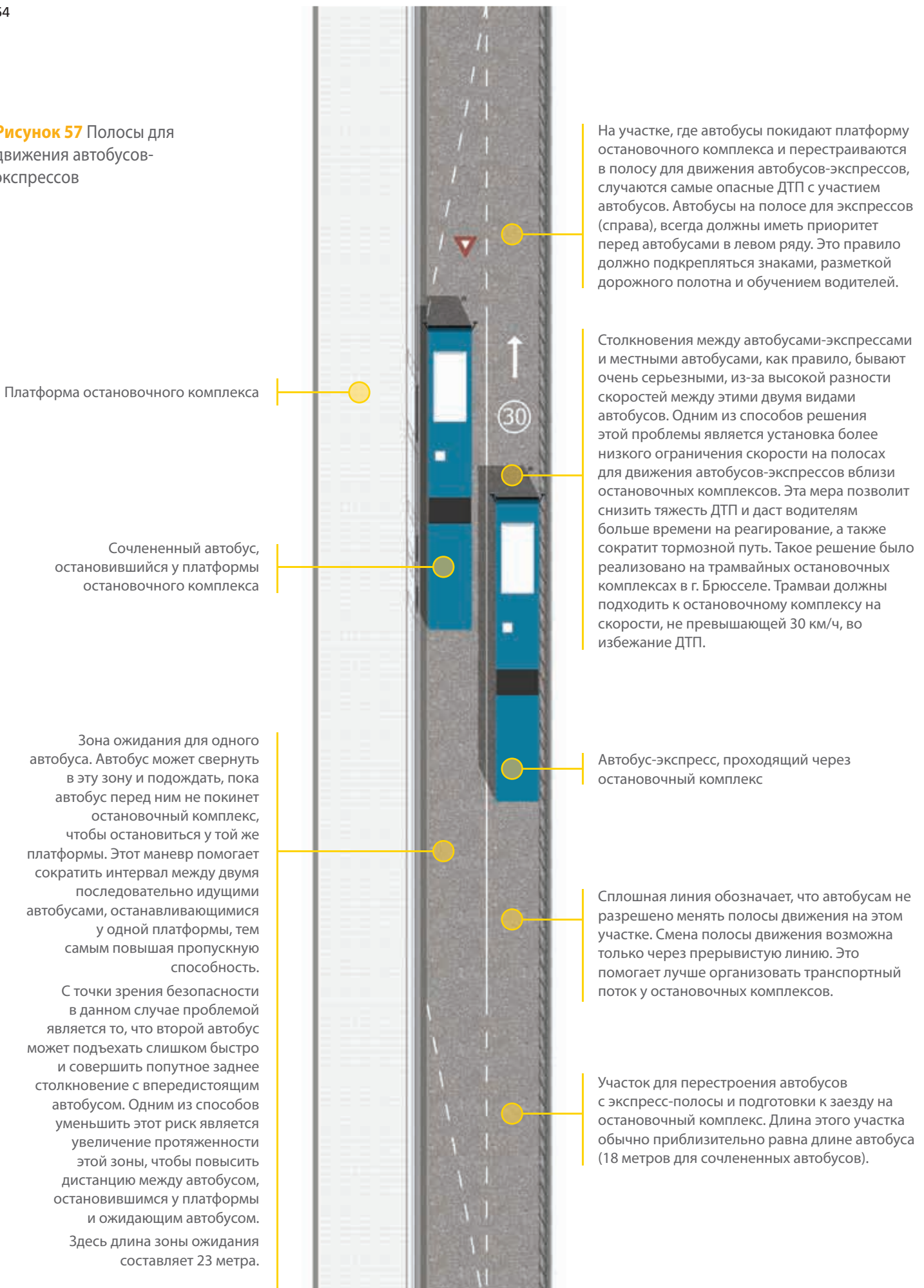
Установка платформенных перегородок

Платформенные перегородки помогают предотвратить переход проезжей части в неполюженных местах и обеспечить защиту пассажиров, ожидающих на платформе, от автобусов, маневрирующих на автобусной полосе. Однако раздвижные двери такой перегородки могут стать источником ряда проблем. Кроме случайного открытия, существует также проблема намеренного принудительного открытия раздвижных дверей. В некоторых случаях, это делается с целью нелегального входа или выхода из остановочного комплекса, чтобы перебежать через автобусные полосы. В ряде случаев, мы наблюдали, как пассажиры просто блокируют раздвижные двери и не дают им закрыться в ожидании автобуса.



Рисунок 56 Пассажиры не дают закрыться раздвижным дверям на остановочном комплексе системы БРТ «TransMilenio»

Рисунок 57 Полосы для движения автобусов-экспрессов



7.4. УСТРОЙСТВО ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА: ПОЛОСА ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ-ЭКСПРЕССОВ

При проектировании остановочных комплексов высокой пропускной способности с отдельными полосами для движения автобусов-экспрессов и несколькими остановочными сегментами необходимо учитывать дополнительные риски для безопасности дорожного движения. Наиболее серьезную опасность представляет риск столкновений между автобусами, обслуживающими местные маршруты, и автобусами-экспрессами, которые могут иметь тяжелые последствия и даже повлечь смертельный исход.

Если автобусной системе необходимо обеспечивать пиковую пропускную способность, равную 30 000 или даже 40 000 пассажиров в час в каждом направлении, обычно это достигается путем комбинирования нескольких полос, нескольких остановочных сегментов в пределах одного остановочного комплекса, и сочетания местных и экспресс-маршрутов. Это приводит к значительному увеличению плотности потока автобусного транспорта. На самом загруженном участке системы «TransMilenio», например, за час проходит 350 автобусов в одном направлении, до данным системы «TransMilenio». Это означает, что конфликты между автобусами возникают гораздо чаще, и риск столкновения различных типов автобусов – выше.

Попутное заднее столкновение является наиболее распространенным типом ДТП с участием автобусов, зарегистрированным в системе «TransMilenio», а также в системе БРТ «Metropolitano» в г. Лима, которая имеет аналогичное устройство. Большинство задних столкновений происходит на удалении от остановочных комплексов, однако те столкновения, которые случаются на остановочных комплексах, как правило, имеют более тяжелые последствия, потому что они происходят между быстро движущимися мимо автобусом-экспрессом и автобусом на местном маршруте, отъезжающим от остановочного комплекса. На долю трех наиболее серьезных задних столкновений, которые произошли на остановочных комплексах системы «TransMilenio» с 2005 по 2011 гг., пришлось более 170 человек, получивших травмы.

Другой распространенный тип ДТП в пределах остановочных комплексов – это боковые удары или боковые столкновения по касательной между автобусами, совершающими маневры для въезда и выезда с остановочного комплекса. Они редко приводят к травмам, и главным последствием, в основном, является повреждение боковых зеркал на автобусах.

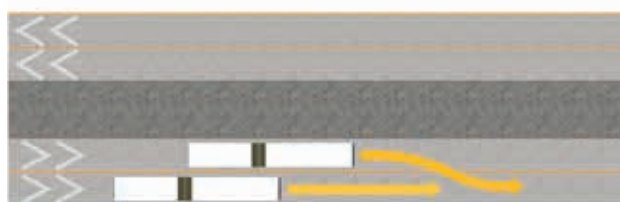
Рисунок 58



Сценарий ДТП с тяжелыми последствиями на типичном остановочном комплексе системы «TransMilenio»: автобус, обслуживающий местный маршрут, отъезжает от платформы остановочного комплекса и перестраивается на полосу для движения автобусов-экспрессов, и сзади его ударяет автобус-экспресс, проходящий через остановочный комплекс. Такой тип ДТП уже приводил к серьезным травмам и, по крайней мере, одному смертельному исходу.



Сценарий ДТП с последствиями низкой тяжести на типичном остановочном комплексе системы «TransMilenio»: автобус, обслуживающий местный маршрут, отъезжает от платформы остановочного комплекса и сталкивается с автобусом, пытающимся подъехать к другой платформе. Такие ДТП обычно происходят на малых скоростях, поэтому редко приводят к травмам.



Распространенный сценарий ДТП на остановочных комплексах системы «TransMilenio», а также системы БРТ «Metropolitano» (г. Лима). С автобусом, остановившимся у платформы остановочного комплекса, допускает попутное заднее столкновение другой автобус, подъезжающий за ним для остановки и осуществления посадки-высадки пассажиров на той же платформе. Такие ДТП, как правило, происходят на малых скоростях и, следовательно, не так серьезны, как задние столкновения на полосах для движения автобусов-экспрессов.



Рисунок 59 Пешеходы, выходящие с остановочного комплекса подвозящего маршрута системы «TransMilenio» через неположенный выход

Установка ограждающих конструкций в этом месте поможет предотвратить переход проезжей части в неположенном месте через полосы для движения смешанного транспорта до тротуара. В г. Порту-Алегри, на некоторых остановочных комплексах в выделенных автобусных коридорах такое ограждение выдается на 10 метров за край платформы, и все равно пешеходы переходят проезжую часть на перегонном участке. Чтобы эффективно выполнять свою функцию, ограждающие конструкции должны быть длинными, и выдаваться за края остановочного комплекса более чем на 10 м.



Рисунок 60 Вход и выход из остановочного комплекса

Мы рекомендуем устанавливать непрерывную, предпочтительно прозрачную, стену по краю остановочного комплекса. Она будет направлять пешеходов на входе и выходе из остановочного комплекса на регулируемый пешеходный переход и позволит им видеть транспортные средства на полосах смешанного транспортного потока.

На рисунке показано разнесение платформ остановочного комплекса в шахматном порядке по обе стороны перекрестка. Расположение остановочного комплекса вблизи перекрестка позволяет большему числу пешеходов из прилегающих районов безопасно подходить к остановочному комплексу по пешеходному переходу. Установка ограждений и стен помогает направлять пассажиров к пешеходному переходу и препятствует переходу проезжей части в неположенных местах. Размещение платформ перед перекрестком с обоих направлений также позволяет автобусам выстраиваться в очередь на остановочном комплексе или на красный свет светофора, не блокируя перекресток.

Ограждение между двумя автобусными полосами предотвращает попытки пешеходов «срезать» путь через автобусные полосы с платформы остановочного комплекса до тротуара на противоположной стороне улицы и направляет пешеходов к регулируемому переходу.

7.5. КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОСТУПА К ОСТАНОВОЧНЫМ КОМПЛЕКСАМ

В выделенных автобусных коридорах часто устраиваются открытые остановочные комплексы с небольшой высотой платформы, и сбор оплаты за проезд производится непосредственно на борту автобуса. Часто это означает, что доступ пешеходов к остановочному комплексу регулируется плохо, и пешеходы постоянно переходят проезжую часть в неположенных местах. Исследование, проведенное в г. Порту-Алегри, Бразилия, показало, что в выделенных автобусных коридорах на остановочных комплексах происходит больше ДТП с участием пешеходов, чем в других местах, с учетом различий в устройстве улиц, интенсивности транспортных и пешеходных потоков (Diogenes and Lindau 2010). Решение этой проблемы заключается в проектировании остановочных комплексов так, чтобы доступ пешеходов к ним был более контролируемым.

Контролировать пешеходный доступ можно с помощью перегородок и/или ограждений. Самое важное – учесть все возможные маневры пешеходов при входе и выходе с остановочного комплекса и позволить движение пешеходов только через регулируемые переходы или пешеходные эстакады.

Также важно рассмотреть вопрос взаимодействия между остановочным комплексом и перекрестком. Если автобус завершил посадку пассажиров и вынужден стоять на красный свет на остановочном комплексе, это может помешать другому автобусу подъехать к платформе. Эту проблему можно решить, если предусмотреть достаточно места, чтобы один автобус мог ожидать смены красной фазы светофора, а другой автобус мог выполнять посадку-высадку пассажиров на остановочном комплексе позади первого автобуса. Еще одним решением может стать сокращение до максимально возможного минимума соотношения между длительностью красного сигнала светофора и среднего времени остановки на остановочном комплексе. Короткий цикл светофорного регулирования поможет достичь этой цели.



Рисунок 61 Пешеходы переходят проезжую часть в неположенных местах, выходя с остановочного комплекса в коридоре БРТ, г. Дели



Рисунок 62 Пешеходы переходят автобусные полосы в неположенных местах, направляясь к платформе остановочного комплекса в коридоре БРТ, г. Дели

В автобусном коридоре с боковым размещением расположение остановочного комплекса после перекрестка, а не перед ним, помогает устранить ряд конфликтов между автобусами и транспортом, поворачивающим направо. Это также помогает устранить проблему, когда транспортные средства, ожидающие смены красной фазы светофора, блокируют автобусу подъезд к платформе остановочного комплекса.

Между остановочным комплексом и перекрестком должно быть достаточное расстояние, чтобы автобусы, ожидающие в очереди перед остановочным комплексом, не блокировали перекресток.



Рисунок 64 Остановочные комплексы в коридорах с боковым размещением автобусных полос

7.6. ОСТАНОВОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В КОРИДОРАХ СИСТЕМ БРТ И ВЫДЕЛЕННЫХ АВТОБУСНЫХ КОРИДОРАХ С БОКОВЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ

Пешеходы часто пытаются перейти проезжую часть на перегонном участке, чтобы пройти на остановочный комплекс – особенно, если они видят приближающийся автобус, а интервалы движения относительно длинные. Этот риск можно уменьшить путем устройства барьерной или ограждающей конструкции вдоль остановочного комплекса, выходящего на 10–12 метров за края платформы по обе стороны остановочного комплекса. Это поможет сократить число переходов проезжей части в неполюженном месте и направить пешеходов к регулируемому переходу на перекрестке.



Рисунок 63 Автобус маневрирует для объезда автомобиля, остановившегося перед остановочным комплексом с боковым размещением в системе «Transantiago», г. Сантьяго-де-Чили

На полосах с приоритетом автобусного транспорта, а также на полосах для движения обычного общественного транспорта, в отсутствие дополнительных мер безопасности, риск ДТП с участием пешеходов очень высок. Мы рекомендуем устраивать на таких улицах разделительную полосу с ограждением, чтобы пресекать попытки перехода проезжей части в неполюженных местах. Мы также рекомендуем устраивать по центру улицы пешеходные островки безопасности.



Рисунок 65 Полосы с приоритетом автобусного транспорта и полосы для движения обычного общественного транспорта

7.7. ОСТАНОВОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ: ПОЛОСЫ С ПРИОРИТЕТОМ АВТОБУСНОГО ТРАНСПОРТА И ПОЛОСЫ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ СМЕШАННОГО ТРАНСПОРТА

Когда речь идет об улицах, имеющих полосы с приоритетом автобусного транспорта и об обычных автобусных системах общественного транспорта, двигающихся в смешанном транспортном потоке, повышение безопасности здесь больше связано с общим устройством улиц и перекрестков, нежели чем с устройством одних лишь остановочных комплексов. Основная цель остановочных комплексов здесь та же, что и во всех других случаях: предотвращение перехода проезжей части в неполюженном месте при входе и выходе с остановочного комплекса, и направление пешеходов к регулируемому перекрестку. Достичь этой цели можно путем установки ограждения

на центральной разделительной полосе по всей протяженности перегонного участка улицы, на котором расположен остановочный комплекс. Кроме того, мы рекомендуем учесть все прочие факторы, определяющие безопасность дорожного движения, которые мы обсуждали в предыдущих разделах (где говорили о сегментах улиц и перекрестках), с особым акцентом на вероятность перехода проезжей части в неполюженных местах. Поскольку в коридорах обычных автобусных систем общественного транспорта риски ДТП с участием пешеходов высоки, важно разработать мероприятия для повышения безопасности пешеходов на всей их протяженности.



Рисунок 66 Остановочный комплекс «Mecidiyeköy» системы БРТ «Metrobüs» в г. Стамбул

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

БРТ НА СКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ: «METROBÜS» Г. СТАМБУЛ

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ БРТ «METROBÜS» Г. СТАМБУЛ

Система БРТ «Metrobüs» в г. Стамбул начала свою работу в 2007 году. По состоянию на 2014 год, в системе ежедневно совершалось порядка 800 000 поездок по 52 км коридору, соединяющему азиатскую и европейскую стороны г. Стамбул, и являющемуся одной из главных артерий городского общественного транспорта в направлении восток-запад. Коридор БРТ целиком проходит по скоростной автомагистрали и по всей протяженности вертикально отделен от пешеходных путей, не имеет перекрестков или не пересекается пешеходными переходами, расположенными на одном уровне с проезжей частью, что позволяет автобусам развивать более высокую скорость в коридоре.

Путем устройства длинных платформ (обычно длиной порядка 120–170 метров) и последовательной подачи автобусов цепочкой (Рисунок 6б), система «Metrobüs» способна обеспечивать кратчайший интервал движения в час пик, порядка 20 секунд, и пропускную способность более

20 000 человек в час в каждом направлении (ч/ч-кн) на остановочных комплексах, что значительно превышает показатели любой другой однополосной системы БРТ без возможности обгона. Поскольку система организована на скоростной автомагистрали, среди операционных преимуществ «Metrobüs» – совершенно обособленная проезжая часть и полное отсутствие светофорного регулирования и перекрестков по всей протяженности коридора. В результате, техническая скорость в коридоре «Metrobüs» выше, чем у всех остальных систем БРТ, рассмотренных в этом исследовании, и сравнима со скоростью типичной рельсовой системы (Таблица 13). Еще одной особенностью системы «Metrobüs», которую можно наблюдать на Рисунке 6б, является организация автобусных полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку (то есть, тогда как смешанный транспорт движется по правой стороне дороги в Турции в целом, и по автомагистрали, где проходит коридор «Metrobüs» в частности, автобусы «Metrobüs» движутся по левой стороне коридора).

Таблица 13

Типичные технические скорости в системах общественного транспорта, по виду сообщения и типу пути

Вид системы общественного транспорта	Техническая скорость (км/ч)	Источник
Обычное автобусное сообщение	разная, в зависимости от условий интенсивности транспортного потока	
БРТ на городской магистрали, не экспресс (например, «Metrobús» г. Мехико)	20–28	«Metrobús», 2010 г.
БРТ на пригородной магистрали, преимущественно экспресс (например, «Transoeste», г. Рио-де-Жанейро)	28–35	«Rio Onibus», 2012 г.
БРТ на скоростной магистрали, полный экспресс (например, «Metrobús» Стамбул)	40 +	IETT, г. Стамбул
Легкорельсовое сообщение	18–40	Vuchic 2007
Скоростное рельсовое сообщение (подземные и наземные линии метро)	20–60	Vuchic 2007
Пригородное железнодорожное сообщение (например, «Tren Suburbano», г. Мехико)	30–75	Vuchic 2007

В этом случае, направление движения, встречное основному транспортному потоку, в сочетании с низкой высотой платформ на остановочных комплексах, дает системе IETT операционную гибкость, так как те же автобусы с правой дверью и низким полом можно использовать как в коридоре БРТ, так и на обычных маршрутах по всему городу. И хотя устройство полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, может создавать дополнительные риски на городских улицах, эта опасность значительно меньше на изолированной скоростной магистрали. Когда проезжая часть коридора БРТ полностью отделена (то есть, автобусный коридор не имеет пешеходных переходов и перекрестков с коридорами для движения смешанного транспорта на одном уровне с проезжей частью коридора), как это реализовано в системе «Metrobús», проблемы, связанные с направлением движения в коридоре, встречным основному транспортному потоку, почти полностью исключены. Заметим, однако, что даже в тех случаях, когда все потоки (БРТ, смешанный транспорт, пешеходы) в теории разделены конструкцией проезжей части, все равно бывают случаи неправомерного выезда транспортных средств, или выхода пешеходов, на автобусные полосы, и в этих случаях устройство коридора с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, может увеличить вероятность и тяжесть ДТП. Более подробно мы обсудим это в следующем разделе.

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ВИДЫ ДТП

Несмотря то, что в этом типе системы БРТ автобусный транспорт движется на значительно более высоких скоростях, чем в более типичных системах БРТ, организованных на городских магистралях, отсутствие конфликтов означает, что система БРТ, работающая на скоростной магистрали, будет характеризоваться гораздо лучшим профилем безопасности, чем системы БРТ на городских магистралях.

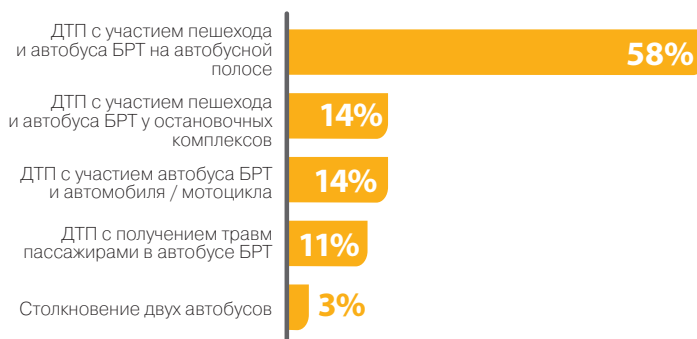


Рисунок 67 Наиболее распространенные типы ДТП с получением травм, с участием автобусов системы БРТ, работающей на скоростной магистрали. Источник: анализ программы EMBARQ, основанный на данных, предоставленных IETT

Как показано на Рисунке 67, наиболее распространенным типом ДТП с получением травм, в котором участвует подвижной состав системы БРТ, работающей на скоростной магистрали, является столкновение автобусов с пешеходами. Эта статистика включает в себя два сценария ДТП. Наиболее частый сценарий происходит, когда пешеходы перебегают проезжую часть (либо при попытке попасть на другую сторону, или при попытке срезать путь к платформе остановочного комплекса), и попадают под автобус на автобусной полосе. Второй сценарий имеет место, когда пешеходы пытаются пройти по автобусной полосе (как правило, чтобы обойти загруженную платформу), и их толкает автобус.

В число ДТП с участием автобусов и пешеходов у остановочных комплексов входит последний из двух описанных выше сценариев, а также ДТП с ударом пассажиров боковым зеркалом или открывающимися дверями автобуса.

И наконец, ДТП с участием автобуса БРТ и легкового автомобиля или мотоцикла, как правило, являются результатом выезда автомобиля на автобусную полосу, через разделительное ограждение. Важно отметить, что при конфигурации системы с направлением движения полос, встречным основному транспортному потоку, как сделано в системе «Metrobiş», все столкновения между автобусами и транспортными средствами, случайно попадающими на автобусную полосу с полосы для движения смешанного транспорта, будут лобовыми столкновениями на высокой скорости, характерной для скоростной магистрали, то есть это ДТП с потенциально тяжелыми последствиями или смертельным исходом.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ БРТ НА СКОРОСТНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЯХ

Ограждающие конструкции и аварийные заграждения

Большинство типов ДТП, описанных выше, можно предотвратить с помощью сочетания ограждающих конструкций и аварийных заграждений. В этих случаях, важно устраивать двухсторонние аварийные заграждения (Рисунок 68), поскольку транспорт будет двигаться по обе стороны заграждения, и оно должно быть способно поглощать удары с обеих сторон. Установка капитальных аварийных заграждений приобретает значительно большую важность при организации системы БРТ с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, как описано в предыдущих разделах. Ограждающие конструкции, в свою очередь, помогают удерживать пешеходов от попыток пересечь скоростную автомагистраль на уровне проезжей части. Аварийные заграждения и ограждающие конструкции должны проектироваться в соответствии с национальными или местными нормами и руководящими принципами, и обладать достаточным запасом пространства, чтобы поглощать удары на скоростях, разрешенных в коридоре.



Рисунок 68 Проектное решение, иллюстрирующее сочетание двухстороннего аварийного заграждения и ограждающей конструкции, рекомендованное для систем БРТ на скоростных магистралях.



Рисунок 69 Слева: перегруженный вход на остановочный комплекс в вечерний час пик в районе «Cevizlibağ» в старой части коридора «Metrobüs»; справа: улучшенный вход на остановочный комплекс с турникетами на пешеходной площади выше уровня проезжей части коридора.

Точки доступа к остановочному комплексу

Входы и выходы остановочного комплекса представляют собой еще один критически важный элемент устройства системы БРТ на скоростной автомагистрали. Наиболее распространенной проблемой, с которой здесь приходится сталкиваться, является переполненность, что может привести к попыткам некоторых пассажиров избежать прохода через людской поток и, вместо этого, пройти по автобусной полосе – фактор, потенциально способствующий учащению ДТП с участием автобусов и пешеходов (например, как на левом изображении на Рисунке 69).

При размещении системы общественного транспорта по оси скоростной автомагистрали, необходимо учитывать важные пространственные ограничения. В случае системы «Metrobüs» в г. Стамбул, общая ширина коридора общественного транспорта ограничивается двумя автобусными полосами и шириной центральной разделительной полосы, на которой размещаются остановочные комплексы. Доступ к остановочному комплексу обычно осуществляется

через пешеходную эстакаду. Конструкция остановочного комплекса, где вход и турникеты помещаются в нижней части лестницы, ведущей с пешеходной эстакады на платформу, имеет предел пропускной способности, определяемый шириной центральной разделительной полосы. Такая конструкция позволяет поместить на входе в остановочный комплекс только четыре турникета, что ограничивает его пропускную способность до приблизительно 5300 пассажиров в час.⁵

В период с 2008 г. до середины 2011 г., пассажиропоток в системе «Metrobüs» увеличился более чем на 450%, и более поздние данные показывают, что эта тенденция продолжилась и в 2013 году. Такое значительное увеличение сделало изначальную конструкцию некоторых остановочных комплексов не соответствующей новым объемам спроса на услуги общественного транспорта. В районе «Cevizlibağ» в 2012 году, например, (Рисунок 69, левое изображение), в вечерний час пик в остановочный комплекс пытались войти в среднем 6300 пассажиров в час, что составляет почти на 20% больше проектной

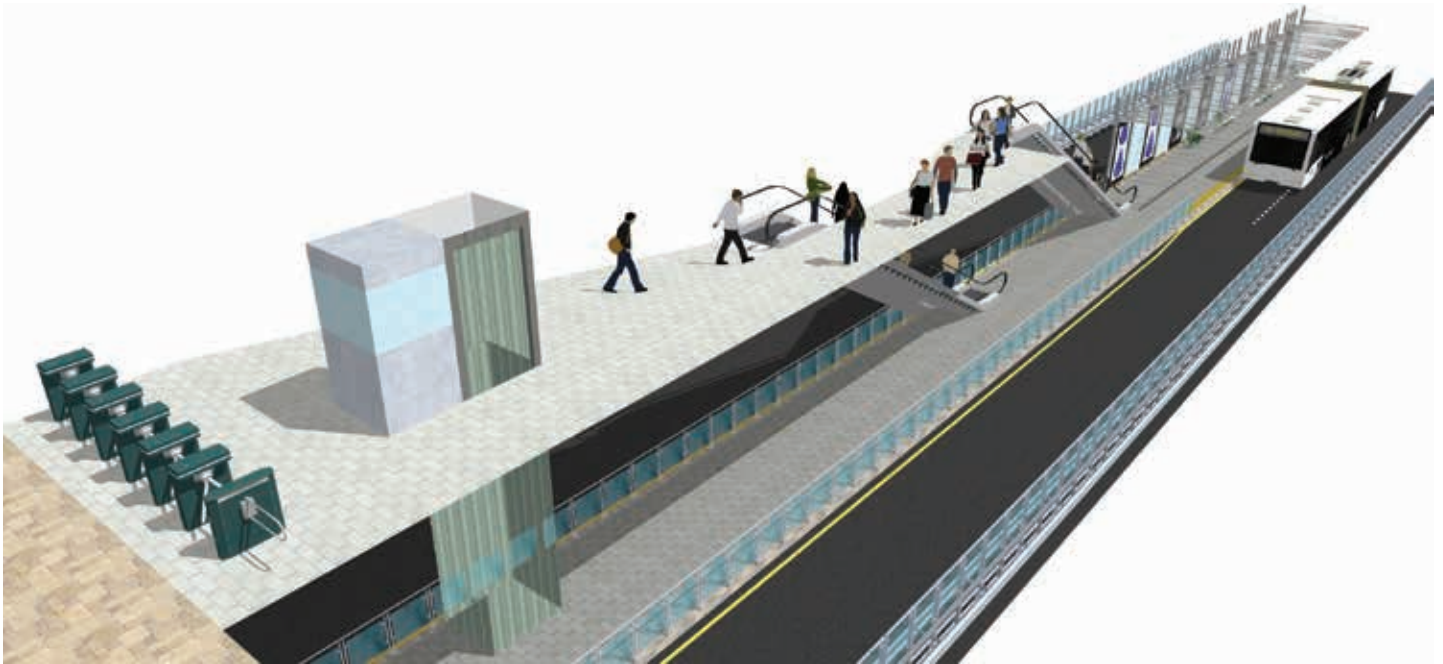


Рисунок 70 Проектное решение, направленное на увеличение пропускной способности и сокращение переполненности остановочного комплекса, размещенного на центральной разделительной полосе в системе БРТ, организованной на скоростной автомагистрали (обратите внимание, что это концептуальный набросок организации пассажирского доступа, и на нем не отображены все рекомендуемые ограждающие конструкции).

пропускной способности остановочного комплекса. Чтобы решить эту проблему, Управление общественного транспорта г. Стамбул (İETT) переосмыслила входы остановочных комплексов, перенесла турникеты на пешеходные эстакады, ведущие к остановочным комплексам, где имеется больше пространства для размещения дополнительных турникетов (Рисунок 69, правое изображение). Здесь мы описываем некоторые проектировочные приемы для решения проблемы перегруженности точек доступа к остановочным комплексам, и иллюстрируем их на Рисунке 70.

Некоторые ключевые характеристики проектного решения, представленного на Рисунке 70:

- Расширение остановочного комплекса по обе стороны от пешеходной эстакады и использование одной стороны остановочного комплекса для обслуживания только одного направления движения (например, автобусы, движущиеся в западном направлении, будут останавливаться всегда только с одной стороны моста, а автобусы, движущиеся в восточном направлении – на противоположной стороне)
- Перемещение турникетов на эстакаду, что позволит поместить большее число турникетов, так как здесь ширина точки доступа к остановочному комплексу не ограничена шириной центральной разделительной полосы
- Размещение эскалаторов таким образом, который позволит разделить поток пассажиров внутри остановочного комплекса на два направления, и избежать конфликтов между встречными потоками



Вид пересадочного узла Indios Verdes, г. Мехико, с высоты птичьего полета

ГЛАВА 9

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ БОЛЬШИХ ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ

9.1 ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ

В большинстве систем общественного транспорта, включенных в наше исследование, большие пересадочные узлы являются зонами наибольшего числа несчастных случаев. Из 10 мест с наибольшим количеством ДТП на проспекте Avenida Caracas в сети БРТ «TransMilenio», три – включая зону номер один по числу происшествий – это либо конечные терминалы, либо большие пересадочные узлы (Avenida Jimenez, Portal de Usme и Santa Lucia). В коридоре «South Line» системы БРТ г. Куритиба, из трех мест, на долю которых приходится наибольшее число ДТП, все три – конечные терминалы (Pinheirinho, Raso и Portao).

Это не обязательно означает, что пересадочные узлы и конечные терминалы являются более опасным местом, однако это свидетельствует о том, что через них проходит гораздо больше транспорта и пешеходов, чем в других местах. В результате, любая проблема с безопасностью на большом пересадочном узле может привести к большому числу ДТП и травм, чем в любом другом месте.

Для любого типа пересадок, главный вопрос безопасности, который необходимо учитывать – это безопасность пешеходов. Наши данные доказывают, что люди находятся в большей безопасности, пребывая в автобусе или на платформе остановочного комплекса, чем передвигаясь пешком при входе или выходе из остановочного комплекса. Самым безопасным видом пересадок между двумя главными маршрутами являются те пересадки, при которых пассажирам не требуется покидать платформу остановочного комплекса.



Рисунок 71 Вид пересадочного узла Indios Verdes, г. Мехико, с высоты птичьего полета. Пункт пересадки между системой БРТ «Metrobús», метро и маршрутными такси, курсирующими между северными районами и Эстадо ди Мехико.

Однако это не всегда реализуемо на практике и зависит от типа транспортных средств и остановочных комплексов, используемых на различных маршрутах общественного транспорта, а также от контекста конкретного города. Большие интегрированные пересадочные терминалы, где все пересадки осуществляются без выхода за пределы платформы, являются идеальным решением, но они, как правило, занимают очень много места. Такие терминалы, как правило, строятся в конце маршрута, на границе города. Одним из примеров подобной конфигурации является система БРТ «TransMilenio», оснащенная интегрированными терминалами в конце каждого крупного коридора. В таких терминалах пересекаются магистральные и подвозящие маршруты. В других случаях, особенно в густонаселенных районах города, зачастую может не быть места для размещения больших терминалов, поэтому пересадки, как правило, осуществляются на перекрестках. В этом случае должны применяться все концепции обеспечения безопасности перекрестков, с учетом некоторых дополнительных соображений повышения безопасности пешеходов и организации поворотов автобусов.



Самыми безопасными видами пересадок между двумя главными маршрутами являются те пересадки, при которых пассажирам не требуется покидать платформу остановочного комплекса

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

На следующих страницах мы представим несколько концепций проектирования пересадочных узлов и терминалов, учитывающих ключевые вопросы безопасности, которые мы обсудили выше, в зависимости от типа пересадки. Начнем с пересадок между маршрутами системы БРТ или магистральными маршрутами выделенных автобусных коридоров, затем перейдем к пересадкам между магистральными и подвозящими маршрутами, и рассмотрим пересадки между системой БРТ и местными автобусными маршрутами. С точки зрения безопасности, существует два способа оценки относительных достоинств различных конфигураций пересадочных комплексов. Первый – это безопасность транзитных пассажиров. С этой точки зрения, наилучшим решением являются пересадки без смены платформы и прямые автобусные маршруты, проходящие через все возможные места назначения.

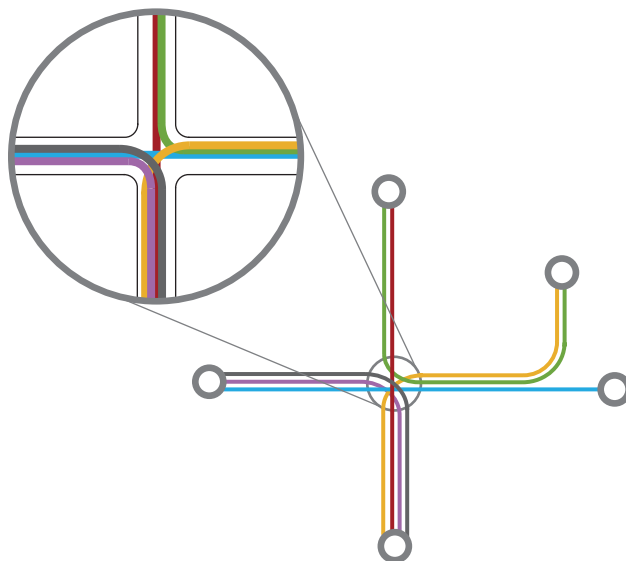
Второй аспект, который необходимо учитывать, это общая безопасность той зоны, где происходит пересадка – не только для транзитных пассажиров, но и для всех участников дорожного движения. С этой точки зрения, рекомендации остаются теми же, что и для организации перекрестков и остановочных комплексов в целом: компактность мест примыкания дорог, ограничение поворотных маневров, короткие пешеходные переходы и хорошая организация подходов к остановочным комплексам, чтобы ограничить возможности перехода проезжей части в неполюженных местах.

9.2 ПЕРЕСАДКИ МЕЖДУ МАГИСТРАЛЬНЫМИ МАРШРУТАМИ: ПРЯМЫЕ МАРШРУТЫ ВО ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЯХ

ПРИМЕР: СИСТЕМА БРТ «TRANSMILENIO»

Согласно этому сценарию, в каждом коридоре ходят разные автобусные маршруты, и для каждого возможного направления имеется свой маршрут. Пассажирам просто нужно, не покидая платформы, на которой они вышли, дождаться соответствующего автобуса, который отвезет их в нужное место, так что для этого вида пересадки не нужно никуда ходить.

Это самый безопасный вариант, но и самый функционально сложный. Устройство перекрестка при этом должно предусматривать отдельные полосы для поворота и выделенную фазу светофора для различных маневров автобусов, чтобы избежать ожидания на светофорах, или же надземные или подземные эстакады.



Разрешить автобусам выполнять на перекрестке все возможные повороты на практике довольно сложно, так как это может потребовать целых шесть фаз светофора. Это может привести к снижению пропускной способности обеих улиц. На практике, обычно автобусам разрешены только некоторые повороты, в зависимости от схемы движения и потребностей пассажиров. На рисунке ниже, с трех дорог, примыкающих к перекрестку, можно повернуть на четвертую, либо проехать насквозь прямо. При такой конфигурации необходимо установить несколько автобусных светофоров, чтобы обеспечить отдельную фазу для каждого поворота.

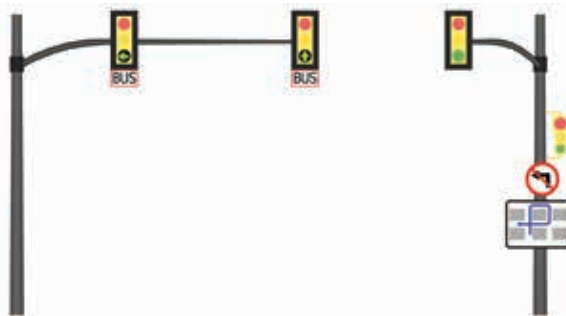


Рисунок 72 Пересадки между магистральными маршрутами



Для транзитных пассажиров это самый безопасный вариант, так как фактически не происходит смены платформы, и пассажирам просто нужно дождаться автобуса, который отвезет их в нужном направлении. Из-за необходимости организации нескольких поворотов для автобусов, эта схема требует большой площади примыканий, что, в свою очередь, создает проблемы для пешеходов. Этот риск можно смягчить за счет сужения радиусов поворота для автобусов и создания пешеходных островков безопасности в центре улицы.

Этот тип пересадки обеспечивает большую гибкость в организации автобусных маршрутов. Предложив пассажирам БРТ возможность прямого проезда к месту назначения – не заставляя их переходить с одного остановочного комплекса на другой при пересадке – в систему БРТ можно привлечь больше пользователей. Недостатком является то, что место пересечения двух коридоров БРТ может стать серьезным «узким местом» системы. Многополосный коридор БРТ может обеспечить максимальную пропускную способность до 43 000 человек в час в каждом направлении (чел./час-к.н.) (Hidalgo and Carrigan, 2010). В данном же случае, когда два коридора сходятся на одном перекрестке, очень трудно достичь такой пропускной способности на обоих коридорах. Поскольку все маневры автобусов требуют отдельной фазы светофора, длительность зеленой фазы для каждого маневра в составе полного светофорного цикла будет короткой.

Эту проблему можно решить за счет определения приоритета одного из двух коридоров, или одного из типов маневров автобусов, увеличив длительность зеленой фазы для этого маневра, и сократив ее для других маневров. Если оба коридора обслуживают большой пассажиропоток, можно организовать подземный или надземный проход для соединения коридоров, как было сделано в коридорах NQS, Avenida Suba и Calle 80 в системе БРТ «TransMilenio».

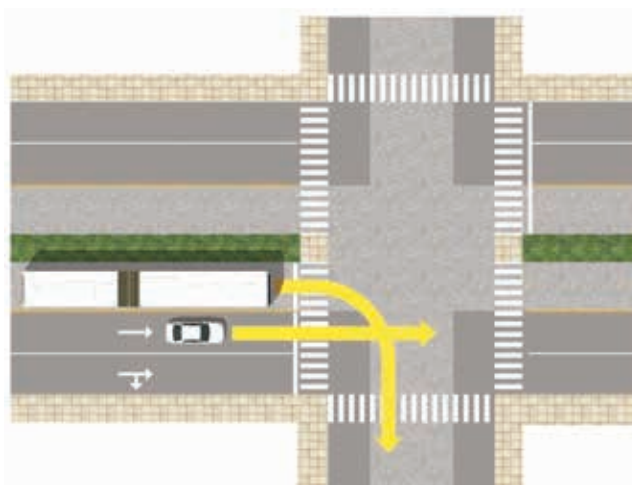


Рисунок 73 Схема ДТП, иллюстрирующая возможный конфликт между автобусами, выполняющими правый поворот и смешанным транспортом, двигающимся прямо. Такой тип ДТП уже происходил в системе БРТ «TransMilenio».



Рисунок 74 Развязка для трех коридоров системы БРТ «TransMilenio»: NQS, Calle 80 и Avenida Suba. Автобусное соединение трех коридоров осуществляется через надземные и подземные проезды, что максимально повышает пропускную способность всех маневров и сводит к минимуму потенциальные конфликты между автобусами.

9.3 ПЕРЕСАДКИ МЕЖДУ МАГИСТРАЛЬНЫМИ МАРШРУТАМИ: ПЕРЕСАДКА С ПЕРЕХОДОМ ПЕРЕКРЕСТКА

ПРИМЕР: СИСТЕМА БРТ «METROBÚS», Г. МЕХИКО

В этом случае по каждому коридору ходит только один маршрут. Транзитные пассажиры должны выйти на одном из остановочных комплексов, перейти улицу, и сесть на другой маршрут на другом остановочном комплексе. Это наименее безопасный вариант, поскольку пассажирам приходится переходить несколько полос проезжей части, чтобы добраться до другого остановочного комплекса. Такой сценарий может отпугнуть пассажиров от использования системы, так как он создает необходимость довольно сложной пересадки, и при входе на второй остановочный комплекс может потребоваться повторная оплата за проезд. Всех этих проблем можно избежать путем соединения двух станций пешеходным мостом или эстакадой.

Это самый простой способ организовать пересадку между маршрутами, но и наиболее опасный для пересаживающихся пассажиров. Существует несколько способов снижения этого риска.

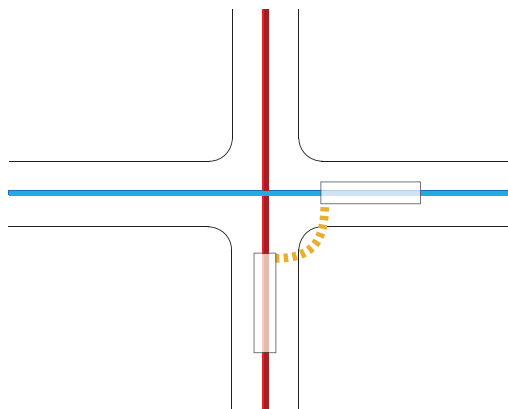
Меры по повышению безопасности пешеходов на перекрестке

Это решение мы проиллюстрировали на Рисунке 75. На каждом из двух примыканий, которые пересекают путь пересадки пассажиров, удаляется одна полоса, и устраиваются искусственные неровности для замедления скорости транспортного потока. Мы также рекомендуем запретить все поворотные маневры, которые могут создавать конфликт с движением потока пассажиров, совершающих пересадку между двумя остановочными комплексами. При интенсивном потоке пересаживающихся пассажиров, можно добавить фазу светофора только для пешеходов, чтобы пассажиры успевали перейти весь переход между двумя остановочными комплексами за одну фазу светофора.

Пешеходная эстакада или подземный переход, соединяющий два остановочных комплекса

Кроме того, два остановочных комплекса можно соединить пешеходным мостом или подземным переходом. Это делает пересадку менее рискованной для пешеходов, и даст некоторые операционные преимущества. Если остановочные комплексы соединить, они смогут работать как одно целое, что устранит саму проблему входа и выхода транзитных пассажиров из остановочного комплекса.

Это решение реализовано на пересадочной станции Авенида Хименес в системе БРТ «TransMilenio». Подземный переход предпочтительнее, так как



требует устройства более коротких пандусов. При постройке надземного перехода между остановочными комплексами важно, чтобы он был устроен на достаточной высоте, позволяя автобусам и крупногабаритному грузовому транспорту свободно под ним проходить. Высота надземного перехода должна составлять 4,8 м или более.

Высота подземного перехода должна быть достаточной, чтобы обеспечить свободное прохождение человека, и не более того, что обычно составляет 3 метра. Разница на 1,8 метра с надземным переходом позволяет устраивать пандусы примерно на 18 метров короче, если принять уклон равный 10%. Выбор между подземным и надземным переходом будет зависеть от наличия свободного пространства на остановочном комплексе для устройства пандуса, и от стоимости строительства подземной инфраструктуры в сравнении с пешеходной эстакадой. Другие вопросы, которые необходимо учитывать при проектировании подземного перехода – это освещение и безопасность.

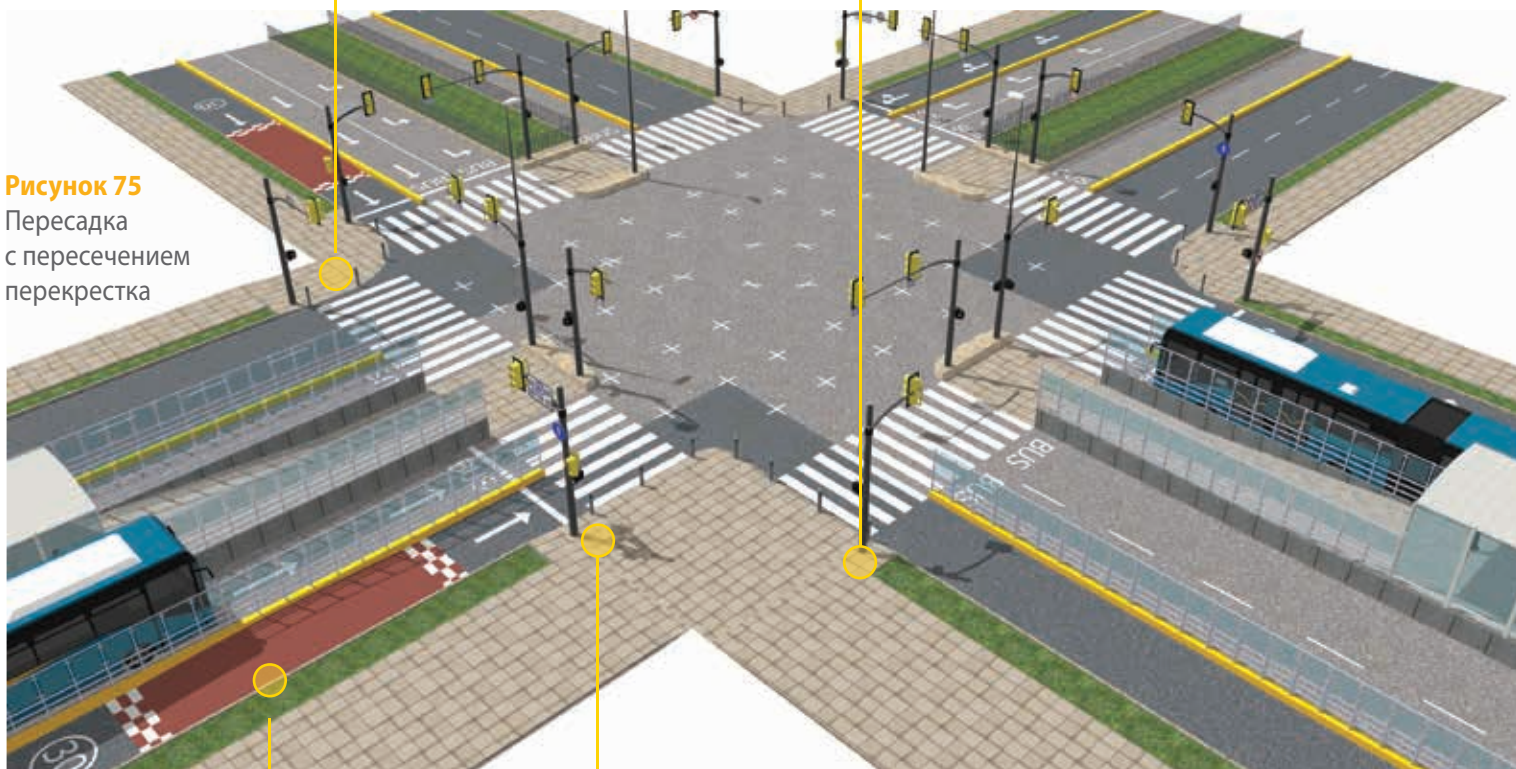
В отсутствие надземных или подземных переходов, этот тип пересадки потребует от пассажиров выйти из одного остановочного комплекса, и войти в другой. Это потребует решения вопроса о порядке взимания оплаты за проезд с транзитных пассажиров. Несмотря на то, что при этом варианте возникают некоторые трудности со сбором оплаты за проезд с транзитных пассажиров и повышается риск, что из-за сложности пересадки пассажиры могут предпочесть другие способы передвижения, этот вариант имеет некоторые преимущества с точки зрения пропускной способности. В отличие от предыдущего примера, в этом случае пересадочный узел не станет узким местом в системе, поскольку пропускная способность перекрестка выше, чем у двух остановочных комплексов. Два коридора при такой конфигурации смогут обслуживать большее число пассажиров на полосу, чем в сценарии, когда пересадки осуществляются между прямыми маршрутами, пересекающимися на одном уровне.

Кроме того, можно сочетать переходы перекрестка для пересадки и повороты автобусов. Так, например, спроектирован остановочный комплекс Авенида Хименес в системе БРТ «TransMilenio», где некоторые пересадки осуществляются с помощью подъезда автобуса к другому коридору, а другая часть пересадок возможна только путем перехода пассажиров от одного остановочного комплекса на другой через подземный переход. Такое решение позволяет сократить число фаз светофора на перекрестке.

На этом углу перекрестка следует ожидать очень большое количество пешеходов. В дополнение к существующему пешеходному потоку, здесь будут проходить пассажиры, входящие или выходящие из двух остановочных комплексов, а также пассажиры, переходящие с одного остановочного комплекса на другой. Мы рекомендуем убрать полосы с боковым размещением с обеих сторон перекрестка, и расширить тротуар, чтобы обеспечить больше места для пешеходов. Небольшая открытая площадка или сквер вблизи этого угла улицы также могут стать хорошим решением.

Рисунок 75

Пересадка с пересечением перекрестка



Мы рекомендуем устройство перед перекрестком искусственных неровностей типа «лежачий полицейский», по крайней мере, на двух примыкающих дорогах, которые пересекают путь пешеходов при совершении пересадки.

Все поворотные маневры, которые конфликтуют с доступом пешеходов к остановочным комплексам, должны быть запрещены. Знак «поворот запрещен» должен сопровождаться знаком, обозначающим кольцевой объезд вокруг квартала, которым заменен запрещенный левый поворот. Кольцевой объезд вокруг квартала, заменяющий правый поворот, должен был начаться еще до этого перекрестка, поэтому здесь знак, обозначающий его, уже не нужен.

9.4 ПЕРЕСАДКИ МЕЖДУ МАГИСТРАЛЬНЫМИ МАРШРУТАМИ: СМЕШАННЫЙ ВАРИАНТ: ОБЪЕЗД ПО ОДНОМУ МАРШРУТУ ПОЗВОЛИТ ОРГАНИЗОВАТЬ ПЕРЕСАДКУ БЕЗ СМЕНЫ ПЛАТФОРМЫ

Организовать пересадку без смены платформы можно даже имея только один автобусный маршрут на коридор. Это повлечет необходимость объезда одного квартала одним маршрутом с тем, чтобы автобусы обоих маршрутов могли останавливаться на одном остановочном комплексе.

Для транзитных пассажиров этот вариант является более безопасным, а также позволяет экономить время. Его недостатком является увеличение продолжительности поездки для пассажиров,двигающихся по красному маршруту. Конструкция перекрестка также будет непростой, из-за различных поворотов автобусов и необходимости сохранения соответствия числа полос до и после перекрестка во всех направлениях, в целях обеспечения безопасности движения.

Этот вариант возможен в тех случаях, когда конфигурация уличной сети или структура двух автобусных маршрутов позволяет свести к минимуму объезд, необходимый для того, чтобы подвести автобусы к одному и тому же остановочному комплексу.

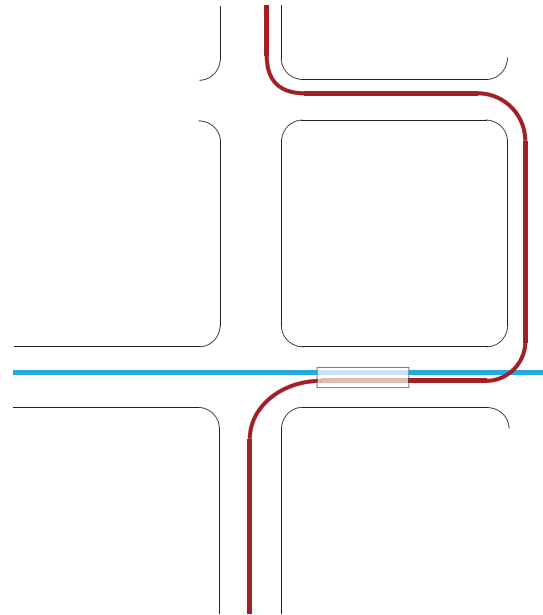


Рисунок 76 Пересадки между магистральными маршрутами

Этот вариант позволит осуществлять пересадки между двумя коридорами без смены платформы, при том, что в каждом коридоре может работать только один маршрут. Он обладает преимуществами повышенной безопасности варианта с прямыми маршрутами, и простоты эксплуатации системы с одним маршрутом на коридор. Кроме того, существуют и другие возможные комбинации. Этот пересадочный комплекс можно спроектировать таким образом, чтобы некоторые автобусы продолжали движение по прямой, а некоторые выполняли объезд по второму маршруту. Это позволило бы экономить время пассажиров, едущих по маршруту прямо, а также транзитных пассажиров.

Основная проблема с безопасностью возникает при проектировании перекрестков, по которым один из коридоров БРТ совершает объезд. На участке, где оба маршрута проходят по одной улице, важно организовать на перекрестке отдельные полосы для каждого поворотного маневра, чтобы избежать задержек. Это проблема с точки зрения операционной эффективности, но безопасность движения требует, чтобы соответствие числа полос до и после перекрестка и соотношение полос движения соблюдалось при всех маневрах на перекрестке. Достичь этого может быть непросто, также

может потребоваться использование разделительных полос различной ширины, обозначенных разметкой островков безопасности, штриховой разметки, и так далее. Риск состоит в том, что если перекрестки будут плохо спроектированы, это сведет на нет все преимущества безопасности пересадок без смены платформы.

При этом типе пересадки, пропускная способность может быть ограничена за счет пропускной способности перекрестка, а не за счет остановочного комплекса. Для улучшения работы этого решения необходимо предусмотреть отдельные полосы для поворота и сквозного проезда автобусов по одному из двух коридоров БРТ. Эти маневры не должны выполняться за одну и ту же фазу светофора, и если не разнести их по отдельным полосам то, в конечном счете, автобусы могут заблокировать друг друга на перекрестке. На перекрестке нужны будут три фазы светофора: одна для поворота автобусов из одного коридора в другой, и две для сквозного проезда по каждому коридору. Мы рекомендуем запретить левые повороты для смешанного транспортного потока, поскольку такие повороты увеличат число фаз светофора и снизят пропускную способность обоих коридоров БРТ.

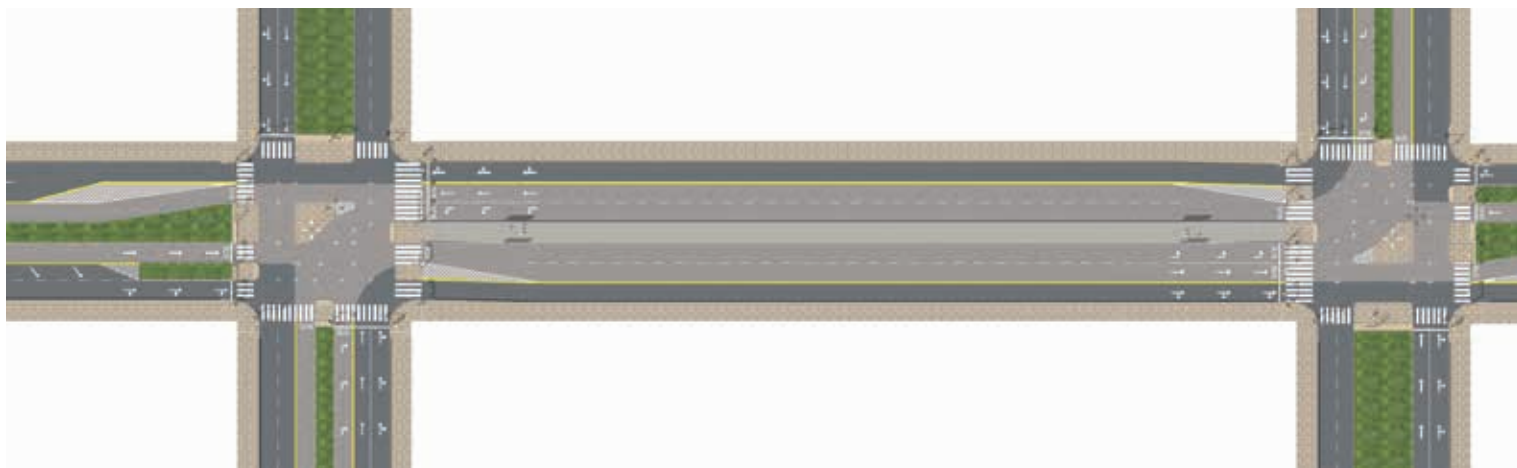


Рисунок 76 Пересадки между магистральными маршрутами

9.5. ПЕРЕСАДКИ НА ДРУГИЕ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ТЕРМИНАЛЫ

ПРИМЕРЫ: ТЕРМИНАЛЫ СИСТЕМЫ БРТ «TRANSMILENIO», ТЕРМИНАЛ SAN JARONIMO НА КОРИДОРЕ БРТ «OPTIBÚS», Г. ЛЕОН

Это типичный интегрированный пересадочный терминал для магистральных и подвозящих маршрутов, который устроен, например, в системе БРТ «TransMilenio». Этот терминал состоит из центральной платформы, к которой с обеих сторон подъезжают автобусы, имеющие двери и с правой, и с левой стороны, так что пассажиры выполняют пересадку без смены платформы. Такое решение обычно подразумевает хорошую интеграцию различных видов систем общественного транспорта, но в теории оно может работать и с полностью независимыми системами общественного транспорта. Сторона остановочного комплекса, обслуживающая систему БРТ, может быть изолирована и оснащена оборудованием для сбора оплаты за проезд, тогда как другая сторона может быть открытой. Сама пересадка для пассажиров вполне безопасна, но существует риск столкновений автобусов на подъездах к терминалу.

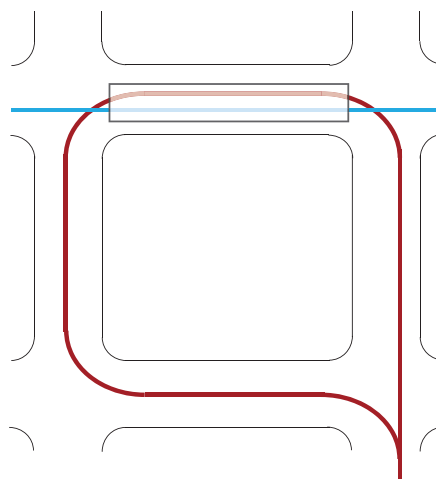


Рисунок 77
Интегрированный терминал



Высота платформы: на одном уровне с полом автобуса

На этой стороне терминала платформа на 1 метр выше уровня проезжей части, что позволяет типичному автобусу с высоким полом и дверями с левой стороны совершать остановку у платформы для посадки и высадки пассажиров.

Эта сторона терминала рассчитана на используемые в сети БРТ автобусы с высоким полом, и, вероятно, будет изолированной, чтобы осуществлять сбор оплаты за проезд до посадки в автобус.

Высота платформы: 30 см

Автобусные полосы на этой стороне терминала подняты на 70 см над уровнем проезжей части, так что центральная платформа может обслуживать низкопольные автобусы.

Эта сторона терминала рассчитана на обычные автобусы, имеющими двери с правой стороны. Она может не быть изолирована, сбор оплаты за проезд может производиться на борту автобуса, но по внешней стороне терминала должны быть установлены ограждения, чтобы пешеходы не могли переходить через автобусные полосы.

Важно правильно рассчитать размер платформы, чтобы она не переполнялась. В противном случае, существует серьезный риск, что некоторые пассажиры будут ходить по автобусным полосам.

Это очень безопасный вариант пересадки для пассажиров. Основной риск безопасности, который необходимо учитывать, возникает в местах подъезда автобусов к терминалу. Здесь важно избежать образования «узких мест» и четко разделить различные направления транспортного потока.

В системе БРТ «TransMilenio» было зарегистрировано одно ДТП со смертельным исходом на терминале Портал-де-Усме, когда автобусы магистрального и подвозящего маршрутов совершили лобовое столкновение на въезде в терминал, при этом несколько пассажиров получили травмы и один человек погиб.

Для безопасности платформ терминала необходимо предусмотреть важную характеристику, а именно, обеспечить достаточную ширину платформы, чтобы вместить ожидаемое число пассажиров. Если платформы будут переполнены, пассажиры могут начать ходить по автобусным полосам – особенно на стороне терминала с низкими платформами.



Рисунок 78 Изображения, показывающие типичную конструкцию терминала системы БРТ «TransMilenio». Слева: зеленые подвозящие автобусы останавливаются на левой стороне платформы. Справа: красный сочлененный магистральный автобус останавливается с правой стороны той же платформы

Точки доступа к интегрированным терминалам

Конструкция точек доступа к терминалу должна ставить своей целью сведение к минимуму конфликтов между различными автобусами и предоставление безопасного доступа для пешеходов. На Рисунке 79 показано возможное конструктивное решение по организации терминала в одних из наиболее сложных условий: терминал в центре города, с точками доступа для автобусов и пешеходов на уровне проезжей части. Конфликты между автобусами решаются предоставлением доступа для магистральных и подвозящих автобусов к терминалу на разные фазы светофора. Для пешеходов предусмотрено достаточно пространства для ожидания и широкие пешеходные переходы. Организация доступа пешеходов к терминалу через подземный или надземный переходы – это ключевой компонент, который поможет устранить конфликт между пешеходами и автобусами.

Пропускная способность такого перекрестка будет немного выше, чем фактическая пропускная способность системы, что означает, что перекресток не станет узким местом системы. Тем не менее, эта конфигурация, скорее всего, приведет к продолжительному ожиданию пешеходов на светофоре, и увеличит вероятность перехода проезжей части на красный свет. Эту проблему можно решить, предоставив пешеходам доступ к терминалу через подземный или надземный переход.

В центральных районах города, поездки многих пассажиров будут начинаться или заканчиваться на терминалах, без пересадки на другой маршрут. Пешеходные входы и выходы в терминалы должны иметь достаточную пропускную способность, чтобы ожидаемое число пассажиров могло пройти их за один цикл светофора. При очень большом количестве пешеходов также рекомендуется рассмотреть возможность устройства подземных или надземных переходов.

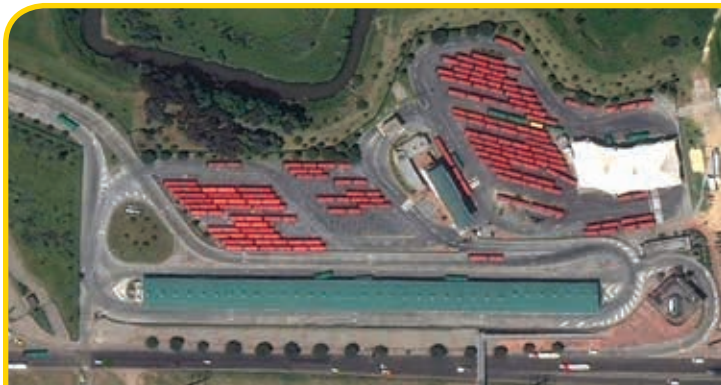


Рисунок 79 Точки доступа к интегрированным терминалам

Рисунок 80 Примеры конфигураций терминалов

**PORTAL DEL NORTE, СИСТЕМА БРТ
«TRANSMILENIO»**

Расположен на центральной разделительной полосе автомагистрали Autopista Norte. Автобусы пользуются заездами на уровне проезжей части непосредственно со скоростной автомагистрали, а пешеходы заходят и выходят из терминала через пешеходную эстакаду. Автобусы магистральных и подвозящих маршрутов останавливаются по обе стороны двух параллельных платформ. Точки доступа автобусов к терминалу не регулируются, в расчете на то, что водители будут уступать друг другу.



**PORTAL TUNAL, СИСТЕМА БРТ
«TRANSMILENIO»**

Расположен вблизи городской магистрали, с заездами для автобусов на уровне проезжей части, а вход и выход для пешеходов организован через пешеходную эстакаду. Конфигурация терминала предусматривает единственную платформу, к которой автобусы подъезжают с обеих сторон.



**PORTAL DEL SUR, СИСТЕМА БРТ
«TRANSMILENIO»**

Более удачная конфигурация терминала, как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения операционной эффективности, хотя и значительно более дорогая. Находится недалеко от скоростной автомагистрали, автобусы заезжают с двух сторон по надземным эстакадам. Это решение устраняет многие конфликты, свойственные двум конфигурациям, показанным выше.

9.6. ПЕРЕСАДКИ НА ДРУГИЕ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: ПЕРЕСАДКА НА МЕСТНЫЙ АВТОБУСНЫЙ МАРШРУТ С ПЕРЕХОДОМ ПЕРЕКРЕСТКА

ПРИМЕР: СИСТЕМА БРТ «MACROBÚS», Г. ГВАДАЛАХАРА

Это тот случай, когда коридор БРТ или выделенный автобусный коридор пересекает улицу, по которой проходит местный маршрут автобусного сообщения. Эти системы общественного транспорта не интегрированы (как, например, система, объединяющая магистральные и подвозящие маршруты), однако пассажиры могут совершать пересадки между ними. Цель проектировщика здесь заключается в том, чтобы расположить различные остановочные комплексы как можно ближе друг к другу, и сделать перекресток как можно более безопасным для пешеходов, а также организовать пересадку так, чтобы сократить протяженность перехода проезжей части. Это не самый безопасный вариант, так как для совершения пересадки

требуется перейти несколько полос проезжей части, однако он самый простой в реализации, и не требует интеграции различных маршрутов.

Этот тип пересадки обычно совершается между автобусными системами общественного транспорта с разными компаниями-перевозчиками. В таких случаях всегда трудно скоординировать пересадки, но основная цель по обеспечению безопасности заключается в сокращении расстояния, которое пассажиры должны проходить пешком для совершения пересадки, а также в обеспечении максимальной безопасности всего пути, который необходимо проделать для пересадки. Остановочный комплекс системы БРТ должен быть расположен как можно ближе к перекрестку с другим автобусным коридором. Мы рекомендуем запретить на этом перекрестке те повороты, которые могут конфликтовать с пешим путем пересаживающимися пассажирами.



Рисунок 81 Пересадка на местные автобусные маршруты

9.7. ПЕРЕСАДКИ НА ДРУГИЕ ВИДЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: ИНТЕГРАЦИЯ КОРИДОРА БРТ С ВЕЛОСИПЕДНОЙ СЕТЬЮ

Данное проектное решение представляет возможный способ интеграции коридора БРТ с велосипедной сетью без организации велосипедной инфраструктуры на самом коридоре. В этом случае, поперечная улица оснащена велосипедными дорожками и велосипедными парковками на всех четырех углах перекрестка. Велосипедисты, желающие попасть на остановочный комплекс БРТ, могут оставить свой велосипед на одной из велопарковок, а затем пройти пешком до остановочного комплекса.

Правый поворот с поперечной улицы, который конфликтует с пешеходным доступом к остановочному комплексу, запрещен. Обратите внимание, что велосипедные дорожки проходят по небольшой поперечной улице с одной полосой движения в каждом направлении, а не по магистральной улице.

Если велопарковка организована на поперечной улице, мы рекомендуем размещать велодорожку между парковочной полосой и тротуаром, с организацией буферного пространства (бордюра или разделительной полосы) для защиты велосипедистов от столкновения при открывании дверей автомобилей.



Рисунок 82 Интеграция с велосипедной сетью



Остановочный комплекс на центральной разделительной полосе, система БРТ г. Куритиба, Бразилия

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ



В этом разделе объясняется, какие данные и методология использовались для оценки повышения безопасности дорожного движения, достигнутого в результате организации различных типов автобусных систем, или внедрения отдельных функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, а также для экономического выражения преимуществ, получаемых за счет повышения безопасности дорожного движения.



Вид и инфраструктура обычной автобусной системы общественного транспорта в Бразилии

10.1. ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ АВТОБУСНЫХ СИСТЕМ

Четкое понимание влияния различных функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, на повышение общей безопасности дорожного движения, особенно важно на ранних этапах планирования таких систем. Финансирование на проекты в сфере общественного транспорта, как правило, выделяется за счет государственного бюджета, и решения часто принимаются на основе анализа затрат и преимуществ. Сегодня, в некоторых национальных программах бюджетного финансирования проектов в сфере общественного транспорта, среди потенциальных преимуществ, которые рассматриваются при анализе, уже упоминается такая характеристика, как повышение безопасности дорожного движения. Тем не менее, на сегодняшний день в литературе можно найти не так много исследований на тему того, какого именно повышения безопасности дорожного движения можно ожидать за счет реализации различных функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, и большинство имеющихся исследований касается преимуществ организации полос с приоритетом автобусного транспорта в Соединенных Штатах Америки и Норвегии (Elvik and Vaa 2008).

Возможность количественного выражения преимуществ, ожидаемых за счет повышения безопасности в результате внедрения рассматриваемой системы с приоритетом общественного транспорта в городах развивающихся стран мира может помочь в оценке преимуществ проекта в условиях местного контекста. Это особенно актуально на ранних этапах планирования, и может способствовать лучшему пониманию величины ожидаемого влияния на повышение безопасности, за счет реализации функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта.

Наличие расчетов, основанных на местных данных, также представляет собой большую ценность, чем адаптация результатов оценки, основанной на исследованиях, проведенных в Соединенных Штатах или Европе. Поэтому мы начнем анализ с рассмотрения общих показателей уровня безопасности, улучшения которых можно достичь за счет реализации различных схем, обеспечивающих приоритет общественного транспорта. В этой главе мы обсудим различные методики экономического выражения преимуществ, получаемых в результате повышения безопасности, и как эти цифры можно учитывать в анализе затрат и преимуществ, и при принятии решений о финансировании проектов в сфере общественного транспорта.

Фактические данные доказывают, что внедрение более совершенных функций для обеспечения приоритета общественного транспорта на городских улицах, обычно ведет к повышению уровня безопасности

Мы приводим доказательства повышения уровня безопасности и получения экономических преимуществ за счет внедрения ряда систем с приоритетом автобусного транспорта в разных странах мира, на основании существующих литературных источников и анализа наших собственных данных. Во всех случаях мы показываем, какое влияние реализация той или иной функции, обеспечивающей приоритет общественного транспорта, оказала на повышение безопасности по сравнению с исходными условиями в коридоре. В большинстве случаев, схемы, обеспечивающие приоритет общественного транспорта, реализуются на улицах, где уже существуют либо обычные автобусные, либо неофициальные системы общественного транспорта.

Однако так бывает не во всех случаях. Система БРТ «TransMilenio» в г. Богота, например, заменила собой уже существовавший выделенный автобусный коридор на проспекте Avenida Caracas, тогда как система БРТ «Macrobus» в г. Гвадалахара заменила собой ранее существовавшую сеть полос с приоритетом автобусного транспорта.

Основной задачей при оценке схемы, обеспечивающей приоритет общественного транспорта, на повышение уровня безопасности, является определение, в какой степени изменение числа ДТП обусловлено осуществленными мерами. Важно провести различие между влиянием реализованных мер и общим непостоянством показателей числа и частоты ДТП (в частности, эффектом регрессии к среднему), а также влиянием различных других политик или тенденций, формирующихся в общегородском и национальном масштабе. Эффект регрессии к среднему характеризует ситуацию, когда в каком-либо месте, где наблюдается особенно высокое или особенно низкое число ДТП в течение одного рассматриваемого года, в следующем году число ДТП стремится к среднему (Barnett, van der Pols, and Dobson 2004). Простое сравнение числа

ДТП в какой-либо точке за различный период времени не может учесть эффект регрессии к среднему, что приводит к неточности результатов. По этой причине, предпочтительной методикой оценки влияния реализуемых мер, например, внедрения системы БРТ, на уровень безопасности, является Эмпирический Байесовский метод (ЭБ).

Наши расчеты влияния функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, на уровень безопасности дорожного движения, основаны не на анализе «до и после», но на сравнении базового сценария (при условии, что ранее общественный транспорт не имел приоритета) и фактического состояния после реализации мер. Это важный фактор для выявления только того изменения в числе ДТП, которое может быть отнесено на счет именно системы БРТ, по сравнению с преобладающими общегородскими тенденциями.

Еще одной сложностью при оценке влияния на безопасность является то, что страны развивающегося мира, как правило, занижают данные по числу ДТП с травмами и смертельным исходом. Отчасти это объясняется разницей в определениях, что представляет собой ДТП со смертельным исходом и ДТП с травмами, однако сообщение неверных цифр также вносит свой вклад в недостоверность данных (Hijar et al. 2011). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала поправочные коэффициенты для стандартизации данных между различными странами (ВОЗ, 2013 г.), и мы применили эти коэффициенты в нашем анализе.

В Таблице 14 приводятся фактические данные по повышению уровня безопасности за счет реализации различных систем с приоритетом автобусного транспорта в разных странах мира. Результаты, показанные в Таблице 14, представляют собой фактическое воздействие на показатели безопасности, измеренное по местным данным и откорректированное с применением поправочных коэффициентов, рекомендуемых ВОЗ, для компенсации занижения. В целом, результаты показывают, что внедрение более совершенных функций для обеспечения приоритета общественного транспорта на городских улицах (то есть, переход от выделенного автобусного коридора к полноценной системе БРТ, или от обычной автобусной системы общественного транспорта к выделению полос с приоритетом автобусного транспорта, который обеспечивается за счет разметки и светофорного регулирования), обычно ведет к повышению уровня безопасности.

Причины, обуславливающие положительные изменения уровня безопасности, показанные в Таблице 14, более подробно освещаются в пункте 5.3. В целом, снижение травматизма и смертности не зависит напрямую от типа реализованной системы с приоритетом общественного транспорта. Скорее, эти сокращения могут быть отнесены на счет двух основных факторов, описываемых ниже.

Прежде всего, реализация функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, обычно ведет к такому улучшению геометрии дорог, которое также делает инфраструктуру более безопасной (например, выделение автобусов из смешанного

Таблица 14 Изменение уровня безопасности за счет внедрения различных типов систем с приоритетом автобусного транспорта

Город	До	После	Коридор и протяженность (км)	Изменение уровня безопасности, в год, на 1 км (процентное изменение в скобках)		
				ДТП	С травмами	Со смертельным исходом
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НЕОФИЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В СИСТЕМУ БРТ						
Ахмедабад ^а	Неофициальная система ОТ	Однополосная система БРТ	Система «Janmarg» (49 км)	-2.8 (-32%)	-1.5 (-28%)	-1.3 (-55%)
Мехико ^б	Неофициальная система ОТ	Однополосная система БРТ	Линия 3 системы «Metrobús» (17 км)	+7.5 (+11%)	-6.7 (-38%)	-0.3 (-38%)
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ С ПРИОРИТЕТОМ АВТОБУСНОГО ТРАНСПОРТА В СИСТЕМУ БРТ						
Гвадалахара ^с	Полосы с приоритетом автобусного транспорта	Система БРТ с полосой для обгона	Система БРТ «Macrobus» (16 км)	-83.19 (-56%)	-4.1 (-69%)	-0.2 (-68%)
Богота ^д	Выделенный автобусный коридор	Многополосная система БРТ	Коридор по проспекту Av.Caracas (28 км)	n/a	-12.1 (-39%)	-0.9 (-48%)
УЛУЧШЕНИЕ ОБЫЧНОЙ АВТОБУСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА						
Мельбурн ^е	Обычная автобусная система общественного транспорта	Возможность проезда вне очереди, приоритет за счет светофорного регулирования	Система «SmartBus» Маршруты 900, 903 (88,5 км)	-0.09 (-11%)	-0.1 (-25%)	-0.03 (-100%)

Примечания: ^а анализ программы EMBARQ, основанный на данных, предоставленных Центром экологического планирования и технологий (CEPT), г. Ахмедабад; ^б анализ программы EMBARQ, основанный на данных, предоставленных правительством Федерального округа Мехико; ^с анализ программы EMBARQ, основанный на данных, предоставленных Министерством дорог и транспорта штат Халиско и Департаментом здравоохранения при Университете г. Гвадалахара; ^д анализ программы EMBARQ, основанный на данных, предоставленных компанией «TRANSMILENIO S.A.», а также на данных, взятых из работы Vocarejo et al. 2012; ^е Источник: Goh et al. 2013

потока, запрет определенных поворотных маневров или укорочение пешеходных переходов). Во-вторых, обеспечение приоритета общественного транспорта обычно также делает общественный транспорт более привлекательным вариантом передвижения. Особенно в контексте Латинской Америки, внедрение системы БРТ также привело к увеличению операционной эффективности общественного транспорта (измеряется количеством посадок на автобус/километр). Подробное описание и количественное выражение этих результатов представлено в пункте 5.3.

Используя данные из Таблицы 14, мы произвели расчеты ожидаемого повышения уровня безопасности за счет реализации функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта, применив для анализа данных метод подсчета логарифмического отношения шансов. Методология произведения расчетов подробно изложена в пункте 5.3. В Таблице

14 показано средневзвешенное влияние на уровень безопасности и 95% доверительный интервал для нескольких типов функций, обеспечивающих приоритет общественного транспорта в различных системах по всему миру. Одна из причин, почему проекты по организации систем БРТ в развивающихся странах показывают значительно большее повышение уровня безопасности по сравнению с некоторыми проектами по организации полос для транспорта с высокой пассажирозаполненностью в развитых странах мира, состоит в улучшении геометрии и доступности улиц, которое производится при реализации таких проектов. Значения «наилучший расчет» и «95% доверительный интервал» в Таблице 1 следует интерпретировать как процентное снижение числа ДТП, по тяжести последствий, которое можно отнести на счет реализации определенной функции, обеспечивающей приоритет общественного транспорта.

Таблица 15 Значения и диапазоны стоимости статистической жизни (ССЖ) в развитых странах мира

Расчет ССЖ (в долл. США на 2012 г.)	Страна или регион, к которому применяется ССЖ	Источник значения ССЖ
(1,200,000–4,130,000)	Евросоюз	Гармонизированный подход к оценке проекта для трансъевропейской транспортной сети ЕС (HEATCO)
2,620,000	Австралия	Австралийское Бюро инфраструктуры, транспорта и региональной экономики (BITRE)
2,740,000	Великобритания	Министерство транспорта Великобритании (DfT), Руководство по транспортному анализу
7,060,000	США	Министерство транспорта США (DOT)
8,430,000	США	Агентство США по охране окружающей среды (EPA)

Расчеты основаны на данных по системе БРТ «Metrobús» в г. Мехико, системе БРТ «Macrobús» в г. Гвадалахара, системе БРТ «TransMilenio» в г. Богота, и системе БРТ «Janmarg» в г. Ахмедабад. Степень, в которой эти расчеты будут применимы к новым проектам, зависит от того, насколько эти новые проекты будут похожи на приведенные выше примеры.

10.1.1. Оценка экономических преимуществ, получаемых за счет повышения безопасности

В литературе не существует единой методологии для определения стоимости ДТП. В разных источниках предлагается несколько методов, которые дают очень разные стоимостные выражения. Кроме того, большая часть литературы, в которой обсуждаются вопросы стоимости ДТП, базируется на данных из развитых стран (например, Blincoe et al. 2002; BITRE 2009), а в знаниях о стоимости ДТП в странах с низким и средним уровнем дохода существует явный пробел. В отсутствие расчетов по местным данным, стоимость ДТП в странах с развивающейся экономикой, как правило, оценивается путем переноса величин (т. е. берется опорное значение из исследования по каким-либо развитым странам мира и изыскивается подходящий способ адаптации этого значения к контексту развивающейся страны). В этом разделе мы обсудим методологии переноса величин и представим различные возможные источники справочных значений, с акцентом на ДТП со смертельным исходом или травмами.

Стоимость ДТП состоит из нескольких компонентов. В исследовании Национального управления США по безопасности движения автотранспорта (NHTSA), Blincoe et al. (2002) выделяют следующие компоненты стоимости ДТП: потерянный доход жертв ДТП, потерянный доход других членов семьи, медицинские расходы, имущественный ущерб, расходы по страховке,

затраты на рабочее место и судебные издержки. Кроме того, Cropper and Sahin (2012) подчеркивают важность определения стоимости потери жизни и потери качества жизни, что обычно осуществляется с помощью таких концепций, как стоимость статистической жизни (ССЖ) или годы жизни с поправкой на качество.

Стоимость статистической жизни (ССЖ) обычно рассчитывается как агрегированное значение сумм, которые каждый человек в рассматриваемой популяции готов заплатить за все виды мер по снижению рисков, которые, в совокупности, приведут к избежанию одного смертельного исхода в данной популяции в целом (Cropper and Sahin 2012). ССЖ следует интерпретировать не как стоимость жизни человека, а как стоимость всех мероприятий по снижению рисков, которые могут привести к сокращению числа смертельных исходов на единицу в данной популяции. Рассчитывать ССЖ можно несколькими способами, начиная от расчета готовности возмещать недополученный доход до разных видов расчетов, основанных на валовом внутреннем продукте (ВВП) на душу населения. Широкий спектр имеющихся методологий также находит свое отражение в широком диапазоне значений ССЖ, которые можно найти в литературе. В Таблице 15 представлены различные оценки ССЖ по данным некоторых ведущих агентств, предоставляющих рекомендации по транспортному и экологическому анализу в развитых странах мира.

В различных странах и даже среди институтов одной страны значения ССЖ широко варьируются. Кроме того, различные организации постоянно пересматривают свои расчеты ССЖ, и это вносит свой вклад в сложность выбора соответствующего значения, особенно при необходимости переноса значения для развивающихся стран. В отношении использования «правильного» значения ССЖ, мы предлагаем две рекомендации. Во-первых, важно использовать одно и то же значение ССЖ во всех компонентах анализа затрат и преимуществ

для одного проекта (например, изменение уровня безопасности, качества воздуха, физической активности). Однако также будет полезно провести анализ чувствительности, чтобы проверить, в какой степени изменения используемого значения ССЖ влияют на изменение чистой приведенной стоимости проекта в соотношении затрат и преимуществ.

При переносе значения ССЖ на другую страну, наиболее распространенная методология – это принять допущение, что, поскольку значение ССЖ обычно представляется как готовность платить за снижение риска, различия в значениях ССЖ между странами должны быть пропорциональны валовому национальному доходу (ВНД). Общая формула для переноса значения ССЖ с базовой страны на страну *i* показана в приведенном ниже уравнении, взятом из работ Esperato, Bishai, and Hyder 2012; и Cropper and Sahin 2012:

Пробел в знаниях о стоимости ДТП в развивающихся

$$VSL_i = VSL_{баз} \times \frac{GNI_i}{GNI_{баз}} \times \varepsilon$$

где

ССЖ_{*i*} = Стоимость статистической жизни в стране *i*

ССЖ_{баз} = Стоимость статистической жизни в базовой стране

ВНД_{*i*} и ВНД_{баз} = валовой национальный доход в стране *i* и в базовой стране, соответственно

ε = поправочный коэффициент, принимающий значения в диапазоне от 1 до 1,5, чтобы обозначить диапазон возможных значений ССЖ, которые позволяют лучше учесть неопределенность, связанную с переносом значений

странах также распространяется на стоимость травм, полученных при ДТП. Вопрос осложняется низким качеством имеющихся данных о травмах. Стоимость травмы значительно варьируется в зависимости от тяжести травмы, поэтому важно иметь ясную и стандартизированную шкалу тяжести травм, которая позволит оценивать их стоимость. Одной из таких систем является Сокращенная шкала тяжести травм (Abbreviated Injury Scale – AIS) – анатомическая система балльной оценки, которая ранжирует травмы по шкале от 1 до 6, где 1 представляет собой легкую травму и 6 – смертельный исход. В исследованиях по США даются средние значения стоимости травм при разных баллах по шкале AIS, как в абсолютных цифрах, так и в виде доли стоимости смертельного исхода (например, Blincoe et. al 2002).

Однако в большинстве источников детализированных данных по ДТП, обычно, в отчетах дорожной полиции, система AIS для ранжирования тяжести травм не используется. Чаще всего, в этих отчетах фигурируют понятия «смертельный исход», «травма» и «только ущерб имуществу» от ДТП, без упоминания о тяжести травмы. Это важное ограничение, не позволяющее надежно определить стоимость травмы в развивающихся странах, и его наличие показывает явную необходимость как в дальнейшем исследовании этого вопроса, так и в усовершенствовании систем сбора данных по ДТП. Возможным источником данных о средней стоимости травмы, полученной в результате ДТП, является Руководство по транспортному анализу Министерства транспорта Великобритании (DfT), процитированное в Таблице 16.

Таблица 16 Стоимость травмы, полученной в результате ДТП, согласно Руководства по транспортному анализу Министерства транспорта Великобритании

Тип травмы	Стоимость травмы	
	Общая стоимость (в долл. США на 2012 г.)	Стоимость в виде доли стоимости смертельного исхода
Среднее по всем видам травм	84,835	0.03
Легкие травмы	24,402	0.008
Тяжелые травмы	316,681	0.112

10.1.2. Влияние на уровень безопасности по сравнению с другими преимуществами схем с приоритетом общественного транспорта

Исходя из нашего опыта проведения анализа затрат и преимуществ для проектов, вводящих приоритет общественного транспорта в Латинской Америке, мы считаем, что в среднем, на долю повышения уровня безопасности приходится примерно от 8% до 16% суммы экономических преимуществ, получаемых за счет внедрения систем скоростного автобусного сообщения (Рисунок 83).

Разница между этими двумя сценариями обусловлена большой разницей в возможных значениях ССЖ, которые могут использоваться для этого вида оценки. Тем не менее, использование различных значений ССЖ не меняет того факта, что меры по повышению

безопасности обычно являются третьим по величине преимуществом после сокращения продолжительности поездки для пользователей общественного транспорта и сокращения операционных затрат системы общественного транспорта. Это подчеркивает важность учета повышения уровня безопасности при анализе затрат и преимуществ для проектов систем БРТ, так как этот компонент является одним из главных изменений с точки зрения величины, и пренебрежение повышением уровня безопасности может значительно уменьшить отношение преимуществ к затратам по рассматриваемому проекту. В настоящее время мы не располагаем аналогичными расчетами по другим типам схем с приоритетом общественного транспорта, и это одна из сфер, где требуются дальнейшие исследования, особенно в плане разработки местных сметных показателей для городов развивающихся стран.

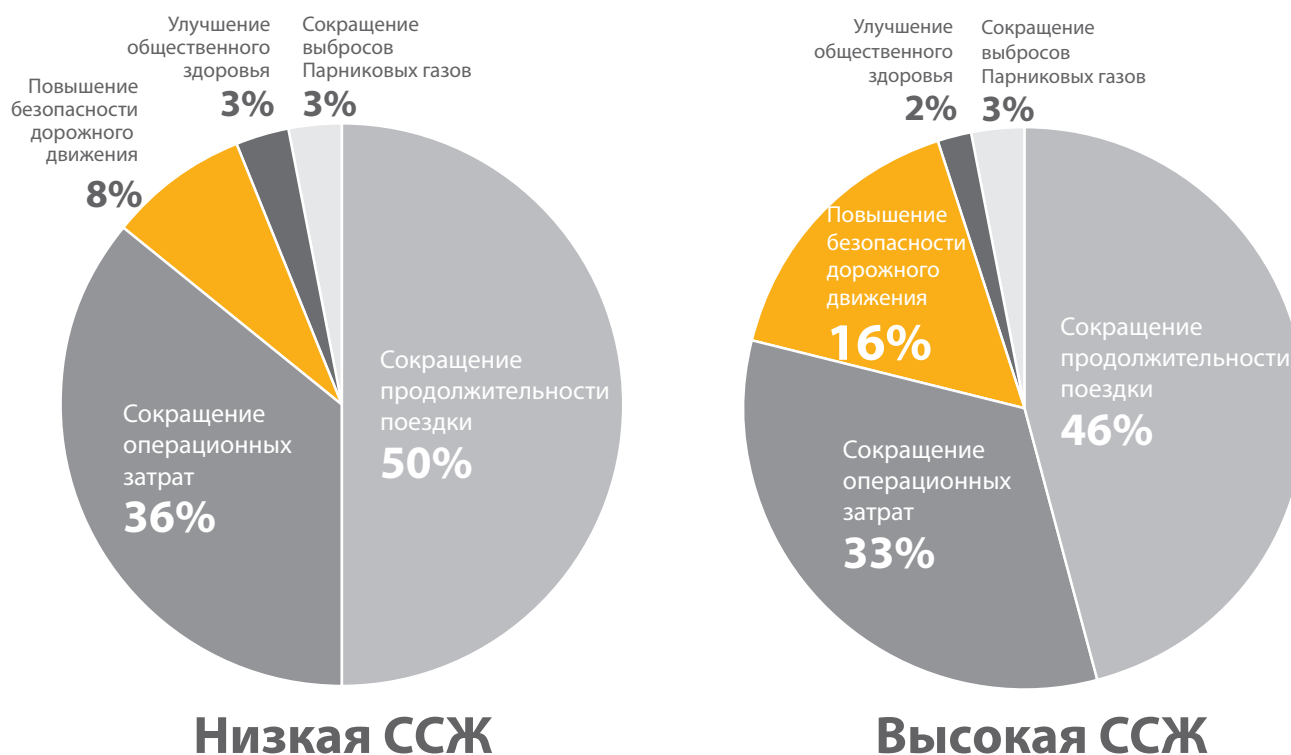


Рисунок 83 Преимущества от повышения уровня безопасности, выраженные в виде доли от общей суммы экономических преимуществ, получаемых за счет внедрения системы скоростного автобусного сообщения (системы БРТ).

Источник: анализ программы EMBARQ, основанный на расчете преимуществ систем БРТ «Metrobús» (г. Мехико) и «TransMilenio» (г. Богота) (Carrigan et al. 2013). В сценарии «Низкая ССЖ» оцениваются преимущества, получаемые за счет повышения уровня безопасности, с применением значения ССЖ равного 3,81 миллиона долларов США, на основе оценки Esperato., Bishai and Hyder. 2012; тогда как в сценарии «Высокая ССЖ» применяется значение ССЖ равное 8,4 миллиона долларов США, согласно оценке, которую использует Агентство США по охране окружающей среды.

10.2 ПОНИМАНИЕ ФАКТОРОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Обычно более продвинутые системы с приоритетом общественного транспорта, такие как системы БРТ и системы, сочетающие в себе возможность проезда автобусов вне очереди и обеспечение приоритета за счет светофорного регулирования, судя по фактическим данным, оказывают большее влияние на повышение уровня безопасности, чем примеры из Соединенных Штатов Америки, где реализуемые мероприятия обычно включают в себя устройство общих полос для автобусов и других транспортных средств. Результаты, показанные в Таблице 1, представляют широкий диапазон возможного изменения уровня безопасности за счет реализации этих различных схем с приоритетом общественного транспорта. Наше исследование показывает, что 90 % ДТП в автобусных коридорах происходит без участия автобусов, и происходит за пределами автобусных полос. Это свидетельствует о том, что ДТП могут обуславливаться другими факторами, связанными с конструкцией полос для движения смешанного транспорта. Мы постарались лучше разобраться в факторах, которые обуславливают различные показатели безопасности, характерные для различных схем с приоритетом общественного транспорта, с акцентом на города развивающихся стран мира. Для этих целей мы собрали и проанализировали данные о ДТП по городам Латинской Америки и Азии, где были внедрены различные схемы с приоритетом общественного транспорта. Подробные результаты этого анализа мы представляем в этой главе.

10.2.1 Источники данных

Мы собрали наборы данных о ДТП по каждому городу, обратившись к различным местным источникам данных. В бразильских городах, данные о ДТП были предоставлены местными управлениями общественного транспорта. В Мексике, данные были предоставлены Министерством дорог и транспорта штат Халиско и администрацией г. Мехико. Данные по колумбийским городам мы получили в Министерстве транспорта, а по индийским городам – в местных полицейских департаментах. По г. Богота мы также использовали набор данных о ДТП, предоставленный компанией «TransMilenio S.A.», одной из немногих организаций-операторов системы БРТ, которые ведут свою собственную базу данных по транспортным авариям. В состав этого набора данных входят все ДТП с участием автобусов «TransMilenio» и все мелкие инциденты, связанные с автобусами, о которых обычно не сообщается в полицию. Эти относительно мелкие происшествия формируют лучшую картину проблем с обеспечением безопасности, характерных для системы БРТ (например, водитель автобуса внезапно жмет на тормоза, в результате чего пассажиры, находящиеся в автобусе, падают; или неправильная остановка автобуса у остановочного комплекса, в результате чего возникают незначительные повреждения автобуса). Во всех наборах данных



На улицах с осевым размещением выделенных автобусных полос, подавляющее большинство ДТП происходит за пределами автобусных полос и без участия автобусов

имелась подробная информация о каждом инциденте, который происходил в каждом автобусном коридоре за периоды от 3 до 7 лет, в зависимости от города.

10.2.2. Методология исследования

Ключевым компонентом нашей оценки был анализ данных по ДТП. Из-за значительных различий в стандартах отчетности о ДТП и даже в определениях того, что представляет собой ДТП или травма, провести соответствующие сравнения между различными городами было невозможно. По этой причине, мы структурировали наш анализ по тематическим исследованиям, где каждое тематическое исследование представляло собой один город. Для каждого города, мы проанализировали данные о ДТП в различных автобусных системах, с целью определения того, какие факторы влияют на число ДТП (например, протяженность пешеходных переходов или наличие центральной разделительной полосы). Затем мы постарались подтвердить или опровергнуть выводы каждого тематического исследования путем применения той же методики к другим городам. По некоторым конструкционным характеристикам, таким как число дорог, примыкающих к перекрестку, мы смогли получить надежные статистически значимые и последовательные результаты в нескольких тематических исследованиях. По другим характеристикам, таким как число левых поворотов, разрешенных на каждом перекрестке, результаты были не столь последовательными.

В качестве подходящей статистической методики мы выбрали моделирование частоты ДТП. Это позволило нам объяснить различия в частоте ДТП на разных

участках, используя такие факторы, как геометрия проезжей части и перекрестков, тип организации автобусной системы и виды целевого назначения объектов на прилегающих территориях, после проверки уровня подверженности риску, то есть числа транспортных средств и пешеходов.

Данные о ДТП являются счетными переменными, которые обычно лучше всего представляются распределением Пуассона (Ladrón de Guevara, Washington, and Oh 2004). Однако в предыдущих исследованиях было отмечено, что данные о ДТП также имеют избыточную дисперсию (т. е. дисперсия значительно больше, чем среднее арифметическое) и, следовательно, лучше представляются отрицательным биномиальным распределением (также известным как распределение Пуассона-Гамма), которое, в отличие от распределения Пуассона, позволяет дисперсии отличаться от среднего (Dumbaugh and Rae 2009). По этой причине, в большинстве случаев предпочтительным распределением вероятностей для моделирования частоты ДТП является отрицательное биномиальное распределение. Мы использовали отрицательные биномиальные регрессии для большинства наших моделей, за исключением модели ДТП с участием пешеходов по г. Гвадалахара, где зависимая переменная не имела достаточной избыточной дисперсии. В этом случае, вместо этого мы использовали регрессию Пуассона.

Еще одним важным решением был масштаб, в котором мы разрабатывали модели. В предыдущих исследованиях модели частоты ДТП разрабатывались с самыми разными уровнями детализации, начиная от моделей в масштабах одного перекрестка, заканчивая моделями микрорайонов, и моделями ДТП в масштабе районов с одним почтовым индексом. Так как наша цель состояла в подробном понимании влияния проектных решений на частоту ДТП, мы использовали наименьший возможный масштаб: перекрестки или сегменты улиц. Этот выбор был также обусловлен структурой наборов данных и, в частности, методом сообщения о месте ДТП. В большинстве городов, включенных в нашу выборку, за исключением некоторых бразильских городов, место ДТП обозначалось путем указания главной улицы, на которой произошло ДТП, а затем ближайшего перекрестка. Таким образом, ДТП группировались по перекресткам, ближайшим к местам, где они происходили, без возможности разделения ДТП на произошедшие на перекрестке и произошедшие на перегонных участках.

В результате, каждая запись в нашем наборе данных соответствует перекрестку плюс примыкающим к нему главным дорогам. Так как мы не могли разделить на отдельные группы ДТП, произошедшие на перекрестках, и ДТП, произошедшие на перегонных участках, мы решили создать отдельные переменные для перекрестков и конструктивных характеристик улиц, чтобы разделить их влияние на частоту ДТП. Поэтому геометрию перекрестка характеризуют такие переменные, как число примыканий, число левых

поворотов или несоответствие числа полос до и после перекрестка, тогда как устройство улицы характеризуют такие переменные, как число полос движения или наличие центральной разделительной полосы. Мы также создали фиктивную переменную для учета конфигурации автобусной полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку.

Достаточное количество данных для разработки статистических моделей имелось только по четырем городам: Мехико, Гвадалахара, Богота и Порту-Алегри. Система сообщений о месте ДТП гораздо лучше проработана в некоторых городах Бразилии и включает в себя географические координаты, а также четкое различие между расположением ДТП – на перекрестке или на перегонном участке. Для того чтобы сохранить максимальную системность в анализе различных тематических исследований, мы решили разработать модели перекрестков г. Порту-Алегри.

Одни и те же переменные могут оказывать различное влияние на уровень безопасности при различных типах ДТП и различных уровнях тяжести травм. По этой причине, мы разработали модели частоты ДТП по типам ДТП (например, столкновение моторизованных транспортных средств, ДТП с участием пешеходов) и по тяжести последствий ДТП – ДТП с травмами и смертельным исходом – чтобы выделить ДТП с тяжелыми последствиями.

10.2.3. Результаты моделей частоты ДТП

Модели Пуассона и отрицательные биномиальные модели прогнозируют натуральный логарифм зависимой переменной. Для оценки влияния на уровень безопасности мы использовали интерпретацию коэффициентов по принципу соотношения показателей частоты, полученную путем возведения коэффициентов в степень. Соотношение показателей частоты можно непосредственно интерпретировать как процентное изменение числа ДТП, соответствующее изменению независимой переменной на единицу. Затем мы рассчитали среднее приведенное влияние на уровень безопасности каждой из переменных по всем четырем городам (Мехико, Гвадалахара, Богота и Порту-Алегри), используя метод мета-аналитического подсчета логарифмического отношения шансов (см. работу Elvik and Vaa 2008, для получения более подробной информации). Коэффициент приведения соответствовал стандартной ошибке соотношения показателей частоты из каждого тематического исследования. Это позволило нам сделать расчет среднеарифметического влияния каждой рассмотренной переменной, характеризующей конструктивное решение или параметр транспортного потока, на изменение уровня безопасности, как показано в таблице ниже по тексту, а также 95% доверительный интервал. Знак плюса при коэффициенте указывает на более высокую частоту ДТП, тогда как знак минуса указывает на то, что данная характеристика обуславливает снижение частоты ДТП.

10.2.4. Влияние конфигурации автобусной системы

Автобусные полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, во всех случаях достоверно коррелировали с более высокими показателями частоты ДТП как с участием транспортных средств, так и с участием пешеходов (Таблица 17).

Последовательное прослеживание данного результата в различных моделях свидетельствует о том, что для всех городов, включенных в это исследование, устройство полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, является опасной конфигурацией. Этот вывод был дополнительно подтвержден с помощью анализа данных по тем городам, для которых статистические

Таблица 17 Средневзвешенное влияние различных характеристик на уровень безопасности, рассчитанное на основе коэффициентов из отрицательной биномиальной и Пуассоновской модели частоты ДТП по городам Мехико, Порту-Алегри, Гвадалахара и Богота

	Средневзвешенное влияние	% изменения в числе ДТП	95% доверительный интервал
Каждое дополнительное примыкание	ДТП с травмами или смертельным исходом	+78%	(+56%, +103%)
	Столкновение транспортных средств	+65%	(+46%, +87%)
Преобразование четырехстороннего перекрестка в два трехсторонних перекрестка	ДТП с травмами или смертельным исходом	-66%	(-88%, -1%)
	Все ДТП	-57%	(-70%, -37%)
Каждая дополнительная полоса	ДТП с травмами или смертельным исходом	+17%	(+12%, +21%)
	Столкновение транспортных средств	+14%	(+10%, +18%)
Протяженность пешеходного перехода (каждый дополнительный метр)	ДТП с травмами или смертельным исходом	+2%	(+0.04%, +4%)
	ДТП с участием пешеходов	+6%	(+2%, +9%)
Каждый разрешенный левый поворот	ДТП с травмами или смертельным исходом	+28%	(+14%, +48%)
	Столкновение транспортных средств	+35%	(+11%, +75%)
Наличие центральной разделительной полосы	ДТП с травмами или смертельным исходом	-35%	(-55%, -8%)
	Столкновение транспортных средств	-43%	(-56%, -26%)
Близость рынка	ДТП с участием пешеходов	+94%	Нет данных*
Наличие полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку	ДТП с травмами или смертельным исходом	+83%	(+23%, +171%)
	Столкновение транспортных средств	+35%	(+0.02%, +86%)
	ДТП с участием пешеходов	+146%	(+59%, +296%)
Большой трехсторонний перекресток	Столкновение транспортных средств	+112%	(+27%, +253%)
Протяженность квартала (каждые дополнительные 10 метров)	ДТП с травмами или смертельным исходом	+3%	(+1%, +5%)
	Все ДТП	-2%	(-4%, -0.03%)
	ДТП с участием пешеходов	+5%	(+1%, +8%)
Пешеходная эстакада на скоростной магистрали	ДТП с участием пешеходов	-84%	(-94%, -55%)
Пешеходная эстакада на городской магистрали	ДТП с участием пешеходов	+67%**	(-23%, +262%)

* Взято из работы Duduta et al. 2012 ** не является статистически значимым при 95% доверительном интервале

модели разработать было невозможно. Например, на участке коридора «South Line» в г. Куритиба, Бразилия, на котором была устроена полоса с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, число ДТП на километр полосы было в четыре раза выше, чем на остальной части коридора «South Line», имеющего конфигурацию с осевым размещением. В следующем пункте дается более подробная информация о полосах с направлением движения, встречным основному транспортному потоку.

В Таблице 1 мы показали, что внедрение системы БРТ в ряде городов разных стран мира привело к статистически значимому снижению числа ДТП всех уровней тяжести. Тем не менее, в моделях частоты ДТП, фиктивная переменная, обозначающая наличие хотя бы какой-нибудь системы БРТ, не продемонстрировала статистически значимого влияния на число ДТП и, следовательно, не была включена в модель. Аналогичная фиктивная переменная, обозначающая автобусные полосы с боковым размещением, показала корреляцию с увеличением частоты ДТП, показывая, тем самым, что боковое размещение автобусных полос может представлять угрозу безопасности.

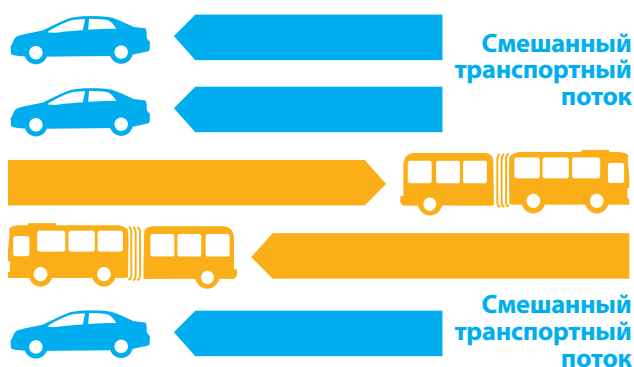
Полученные результаты свидетельствуют о том, что уровень безопасности дорожного движения повысился не за счет наличия самой системы БРТ, но за счет изменений в геометрии улицы, которые потребовалось произвести для размещения системы БРТ. Фактические данные доказывают, что размещение на какой-либо улице системы БРТ предусматривает создание или расширение центральной разделительной полосы, таким образом, сокращая протяженность пешеходных переходов, а также преобразование некоторых четырехсторонних перекрестков в трехсторонние перекрестки. Этот процесс также включает в себя устранение, по меньшей мере, двух, а часто и до четырех полос для движения смешанного транспорта, чтобы разместить инфраструктуру системы общественного транспорта (полосы и остановочные комплексы). Все переменные, обозначающие изменения, описанные выше (меньше примыканий к перекрестку, меньшее количество полос на проезжей части, более короткие пешеходные переходы, наличие центральной разделительной полосы), были связаны с пониженной частотой ДТП и имели статистическую значимость во всех моделях (Таблица 17).

10.2.5 Полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку

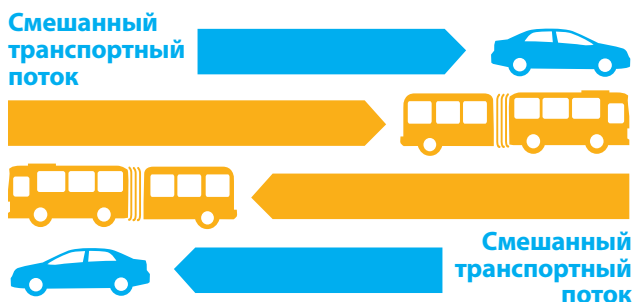
Полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку (Рисунок 84), обычно устраиваются в тех случаях, когда Управление общественного транспорта размещает двустороннюю автобусную систему общественного транспорта на улице, которая ранее имела одностороннюю конфигурацию для движения смешанного транспорта. Распространенным решением, реализованным в городах Латинской Америки, было сохранение



Пример: Коридор «Eje 1 Norte», г. Мехико



Пример: Коридор «Eje 4 Sur», г. Мехико



Пример: Коридор «Metrobüs», г. Стамбул

Рисунок 84 Примеры конфигураций автобусных коридоров, имеющих полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку

односторонней конфигурации для смешанного транспорта и добавление автобусных полос для двусторонней системы пассажирского транспорта, причем как с осевым размещением на улице (например, коридор «Eje 4 Sur», г. Мехико), так и с боковым размещением (например, коридор «Eje Central», г. Мехико). Еще одной распространенной причиной устройства полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, является более удобная организация левых поворотов. В данном случае, автобусам обычно проще совершать левый поворот из полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, и для этого не требуется выделенная фаза светофора.

Классифицировать как полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, можно различные конфигурации проезжей части (Рисунок 84). Все они имеют одну общую проблему – и водителям, и пешеходам, пересекающим улицу, на которой устроены полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, будет сложно сразу разобраться в схеме движения на этой улице.

Наше исследование показывает, что наличие полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, обуславливает увеличение числа ДТП всех уровней тяжести (+83% ДТП с травмами или смертельным исходом, +146% ДТП с участием пешеходов, +35% столкновений ТС). Наблюдения в ходе аудита и инспекций безопасности дорожного движения, проведенных на городских дорогах в странах Латинской Америки, также предполагают, что наличие полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, подвергает безопасность дорожного движения большому риску. Основная опасность заключается в том, что полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, представляют собой неожиданную конфигурацию, и многие участники дорожного движения не ожидают появления транспортного средства, движущегося в направлении, встречном основному транспортному потоку.

Мы рекомендуем избегать конфигураций, предусматривающих устройство полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, во всех возможных случаях, и вместо этого устраивать для систем с приоритетом автобусного транспорта обычные односторонние или двусторонние улицы. Если необходимо разместить двусторонний автобусный коридор на односторонней улице, наилучшим решением будет сделать всю улицу двусторонней, включая полосы для движения смешанного транспорта. Проблему левых поворотов следует решать путем увеличения продолжительности выделенной фазы светофора для левого поворота, или путем замены левого поворота кольцевым объездом вокруг квартала. Устройство полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, не должно рассматриваться в качестве альтернативного варианта улучшения возможности совершения левых поворотов.



Рисунок 85 «Eje 3 Oriente Eduardo Molina» до изменений, на улице устроены полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, и по ходу движения требуется перестраиваться на другую сторону улицы.



Рисунок 86 «Eje 3 Oriente» после реализации изменений, полосы системы БРТ для 5-й линии «Metrobús» и улучшенная пешеходная инфраструктура

В последнее время г. Мехико предпринимает шаги, чтобы реорганизовать существующие полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку. Одним из лучших примеров этого является коридор «Eje 3 Oriente Eduardo Molina», где город недавно реализовал 5-ю линию системы БРТ «Metrobús». Эта улица характеризуется сложной конфигурацией полос с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, где полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, расположены по оси улицы, а полосы движения в нормальном направлении – по бокам (Рисунок 85). Когда строилась 5-я линия системы «Metrobús», полосы были реорганизованы в типичную двустороннюю конфигурацию (Рисунок 86), а левые повороты были удалены и заменены кольцевыми объездами вокруг кварталов. Наше исследование показывает, что это изменение должно значительно повысить уровень безопасности.

10.2.6 Влияние геометрии улицы на безопасность дорожного движения

Как и ожидалось, результаты моделирования показывают, что размер и сложность перекрестков в автобусном коридоре является лучшим прогностическим фактором частоты ДТП, чем конфигурация автобусной системы. Только порядка 9% всех ДТП происходит на автобусных полосах; подавляющее большинство ДТП происходит на полосах для движения смешанного транспорта и без участия автобусов.

В число ключевых определяющих факторов входят число примыканий на перекрестке, количество полос на каждом примыкании, а также максимальная протяженность пешеходного перехода. Перекрестки, где транспорту, движущемуся по поперечной улице, разрешается пересекать автобусный коридор, более опасны, чем перекрестки, где разрешены только правые повороты. Другими словами, преобразование стандартного четырехстороннего перекрестка в два трехсторонних перекрестка, за счет сквозного продолжения центральной разделительной полосы по главной улице, помогает повысить безопасность. Однако это происходит только в том случае, если перекресток остается регулируемым. Часто в коридорах системы БРТ светофоры с перекрестка убираются, если сквозной проезд по поперечной улице блокируется, но аналогичным образом убираются и пешеходные переходы. Это позволяет автобусам пересекать перекресток без каких-либо задержек, однако подвергает пешеходов повышенному риску.

10.2.7 Влияние размера квартала и скорости движения

Скорость движения признается одним из главных факторов риска для безопасности дорожного движения. Наши модели частоты ДТП не смогли напрямую учесть скорость в качестве независимой переменной, поскольку по участкам улиц, включенным в нашу выборку, отсутствовали данные замеров скорости. Тем не менее, мы смогли проверить влияние скорости с помощью прокси-показателя: расстояния между регулируемыми светофорами. Фактические данные доказывают, что расстояние между светофорами является ключевым прогностическим фактором, определяющим скорость движения. В Таблице 17 показаны результаты моделей частоты ДТП по различным уровням тяжести ДТП. Выводы по г. Гвадалахара показывают, что участки

с большими расстояниями между регулируемыми перекрестками (и, следовательно, более высокими скоростями движения) имеют более низкую частоту ДТП в целом. Это объясняется тем, что меньшее число перекрестков на участках дорог приводит к сокращению числа конфликтных точек. Тем не менее, хотя в целом ДТП становится меньше, те ДТП, которые, все-таки случаются, имеют более тяжелые последствия, и обычно происходят с участием пешеходов. Результаты модели показывают, что на долю каждых 10 дополнительных метров перегона между регулируемыми перекрестками приходится 2%-ное снижение общего числа ДТП, но 3%-ное увеличение числа ДТП с тяжелыми последствиями, и 5%-ное увеличение числа ДТП с участием пешеходов.

10.2.8 Влияние целевого назначения объектов, прилегающих к коридору, на безопасность дорожного движения

Улицы схожей конструкции в разных контекстах целевого назначения окружающих объектов могут иметь очень разные показатели безопасности. Наша модель для города Мехико подтвердила этот факт, показав, что целевое назначение прилегающих объектов является важным прогностическим фактором частоты ДТП. Наличие большого рынка неподалеку от коридора было одним из самых сильных прогностических факторов, определяющих вероятность ДТП с участием пешеходов в г. Мехико, и обуславливало 94% увеличение числа ДТП с участием пешеходов в районе рынка Мерсед (подробности см. в работе Duduta et al. 2012). Увеличение числа ДТП с участием пешеходов в этом районе обусловлено не только увеличением пешеходного потока, но и дополнительными рисками, связанными с конфигурацией рынка. Вблизи рынка Мерсед в г. Мехико, например, лоточники часто занимают всё или большую часть пространства на тротуарах, оставляя недостаточно пространства для существующего пешеходного потока, что заставляет некоторых пешеходов ходить по проезжей части и сужает поле видимости для водителей. Этот пример подчеркивает важность учета городского контекста улицы при ее проектировании, что красной нитью проходит в наших рекомендациях по проектированию.

Определения

В литературе, термин **система скоростного автобусного сообщения (система БРТ)** применяется к системам общественного транспорта с самыми разными характеристиками, причем термины **система БРТ** и **выделенный автобусный коридор** иногда используются как взаимозаменяемые. В этом разделе мы уточняем определения этих и других распространенных терминов, относящихся к автобусным системам общественного транспорта, которыми мы пользуемся по всему тексту настоящей публикации.

Мы пользуемся термином **обычная автобусная система общественного транспорта**, чтобы обозначить такую организацию системы, где автобусы курсируют по полосам для движения смешанного транспорта, не имея ни выделенных полос, ни приоритета за счет светофорного регулирования, и где сбор платы за проезд осуществляется непосредственно на борту автобуса. Это наиболее распространенный тип организации автобусных систем общественного транспорта по всему миру. С институциональной точки зрения, обычно это государственная система общественного транспорта, оператором которой выступает муниципальное управление общественного транспорта (такая ситуация распространена в европейских и североамериканских городах). Мы проводим различие между данной организацией системы, и другим вариантом – **неофициальной системой общественного транспорта**, которая более распространена в некоторых городах Африки и Латинской Америки. Эта вторая система, как правило, представлена частным транспортом (обычно маршрутками или микроавтобусами), и работает под надзором муниципальных властей различного уровня строгости.

Институциональные различия между обычной и неофициальной системой общественного транспорта играют важную роль в обеспечении безопасности дорожного движения. Поставщики услуг неофициального общественного транспорта часто конкурируют друг с другом за пассажиров, в отсутствие непосредственного надзора за обеспечением операционной безопасности. Они часто не пользуются стационарными автобусными остановками или остановочными комплексами, что еще больше повышает риски. У обычных систем общественного транспорта, с другой стороны, нет стимула конкурировать за пассажиров, поэтому для них наиболее выгодно иметь единую организацию-перевозчика, которая сможет осуществлять надзор за вопросами обеспечения безопасности дорожного движения, технического обслуживания и обучения водителей.

Термин **приоритет общественного транспорта** обозначает не какой-то конкретный тип инфраструктуры, но категорию улучшений инфраструктуры, направленных на обеспечение приоритета автобусного транспорта по отношению к остальной части транспортного

потока, в число которых входят такие характеристики, как: полосы с приоритетом автобусного транспорта; выделенные автобусные полосы; полосы, выделенные для автобусов на период часа пик; возможность проезда вне очереди; приоритет за счет светофорного регулирования; и выделенные автобусные коридоры.

Мы используем термин **полоса с приоритетом автобусного транспорта** для обозначения полос, выделенных для автобусов, которые в определенных условиях также могут использоваться другими транспортными средствами. Наиболее распространенным типом полосы с приоритетом автобусного транспорта является полоса с боковым размещением, которой может пользоваться автобусный транспорт, а также другие транспортные средства, выполняющие правый поворот. 6

Выделенная автобусная полоса отведена исключительно для автобусов, и никаким другим автомобилям, помимо спецтехники, не разрешается пользоваться ею никогда. **Полоса, выделенная для автобусов на период часа пик**, становится полосой с приоритетом автобусного транспорта или выделенной автобусной полосой только на период часа пик. Как правило, полоса, выделенная для автобусов на период часа пик, организуется на улице в одном направлении в утренний час пик, и в обратном направлении – в вечерний час пик.

Автобусная полоса с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, обозначает любой тип автобусной полосы (т. е., с приоритетом автобусного транспорта, выделенная только на период часа пик, или постоянно выделенная), по которой транспорт ходит в направлении, встречном направлению движения остального транспортного потока. Существует три типа конструкций, которые мы в этом исследовании классифицируем как коридоры или полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку:

- многополосная улица с односторонним направлением движения смешанного транспортного потока, на которой также устроена одна автобусная полоса с боковым размещением и направлением движения, встречным основному транспортному потоку (например, «Eje Central», г. Мехико)
- улица с полосами для движения смешанного транспорта в двух направлениях на одной стороне, и полосами для движения автобусного транспорта в двух направлениях на противоположной стороне (например, выделенный автобусный коридор в г. Брисбен, некоторые маршруты системы БРТ в г. Куритиба)
- коридор системы БРТ, работающий в двух направлениях и размещенный по оси односторонней улицы для смешанного транспорта (например, коридор «Линия 2» системы БРТ «Metrobús» на «Eje 4 Sur», Мехико)

Возможность проезда вне очереди – это геометрическая характеристика устройства улицы, которая позволяет автобусам объезжать поток смешанного транспорта на регулируемом перекрестке. Наиболее типичный вариант – добавление выделенной автобусной полосы на подъездах к перекрестку, по которой автобусы могут проезжать в начало очереди и сводить к минимуму период ожидания на светофоре. Также эта возможность может быть реализована с помощью организации **приоритета за счет светофорного регулирования**. Здесь мы используем этот термин для обозначения всех активных функций, определяющих приоритет автобусов для проезда вне очереди, например, автоматически переключающиеся фазы светофоров (т. е., на светофорном объекте расположены датчики, способные обнаружить приближающийся автобус и переключить фазу светофора на зеленый свет).

Мы используем термин **выделенный автобусный коридор** для обозначения ситуации, когда улица оснащена выделенной автобусной инфраструктурой (выделенные полосы и остановочные комплексы), размещенной по оси проезжей части, или на собственном изолированном дорожном полотне. В число типичных примеров входят: выделенный автобусный коридор в г. Дели или выделенные автобусные коридоры на проспекте Avenida Protasio Alves или Avenida Bento Goncalves в г. Порту-Алегри. Основным различием между выделенным автобусным коридором и **системой скоростного автобусного сообщения (системой БРТ)** является то, что последняя характеризуется несколькими дополнительными улучшениями качества обслуживания, в число которых наиболее часто входит: сбор оплаты за проезд до посадки в автобус, посадка в автобус с уровнем пола на одном уровне с платформой остановочного комплекса, и централизованный контроль работы. Типичными примерами систем БРТ являются: система «TransMilenio» в г. Богота, «Metrobús» в г. Мехико и «Janmarg» в г. Ахмедабад.

Кроме того, мы проводим различие между разными видами систем БРТ и выделенных автобусных коридоров. **Однополосная** система БРТ или однополосный выделенный автобусный коридор имеет единственную выделенную автобусную полосу в каждом направлении (например, система «Metrobús», г. Мехико). Система БРТ или выделенный автобусный коридор с **полосой для обгона**, как правило, имеет одну полосу на отрезках коридора между остановочными комплексами, и дополнительную полосу у остановочных комплексов, которая предназначена для обгона остановившихся автобусов, когда автобус-экспресс проходит мимо без остановки (например, коридор «TransOeste», г. Рио-де-Жанейро; система БРТ «Macrobús», г. Гвадалахара). И, наконец, **многополосная** система БРТ или выделенный автобусный коридор имеет, по крайней мере, две выделенные автобусные полосы в каждом направлении на большей части или на всей протяженности коридора (например, система БРТ «TransMilenio», г. Богота).

Благодарности

Этот исследовательский проект был профинансирован при поддержке фонда «Bloomberg Philanthropies».

Авторы хотели бы поблагодарить всех тех, кто участвовал в сборе и анализе данных, в процессе дорожного тестирования, а также тех, кто делился своими знаниями, предоставлял комментарии или принимал участие в инспекциях на местах.

Ребекка Джаффе из Университета Райса внесла вклад в сбор и анализ данных по городам Порту-Алегри, Мехико и Богота. Чанчан Чжан из Массачусетского технологического института внес свой вклад в исследование поведения пешеходов на регулируемых перекрестках. Паула Манозла дос Сантос да Роша из программы EMBARQ, Бразилия, оказала содействие в анализе влияния мер для повышения уровня безопасности на операционные показатели, с использованием программного комплекса Симулятор систем БРТ программы EMBARQ.

Сауль Альвеано Агерребере, Марко Тулио Приего Адриано и Йоргос Вукас из программы EMBARQ, Мексика, координировали сбор данных по системе БРТ «Metrobús» в г. Мехико и по коридору БРТ «Macrobús» в г. Гвадалахара. Хесус Альберто Лейва Гутьеррес и Диего Монрас Вилласеньор из Министерства дорог и транспорта штат Халиско представили данные о ДТП по району мегаполиса Гвадалахара, а Жоэль Иван Суньига Гонсалвес из компании «Estudios, Proyectos y Señalización Vial S. A. de C.V. (EPS)» поделился данными подсчетов транспортного потока по городу Гвадалахара, которые помогли в разработке модели частоты ДТП.

Хорхе Кохтиника Агилар, операционный директор сети БРТ «Metrobús» г. Мехико, Хорхе Касаонда Сентелла, технический директор, и Дэвидом Эскаланте Санчес, встретились с сотрудниками программы EMBARQ и поделились своим опытом эксплуатации системы БРТ «Metrobús».

Марио Альберто Вальбуэна Гутьеррес, операционный директор, Карлос Гутьеррес, директор по безопасности, а также Мартин Саламанка и Хесон Лукуми из компании «TransMilenio S.A.» поделились своей базой данных о ДТП по системе БРТ «TransMilenio» в г. Богота, и оказывали всяческую поддержку сотрудникам программы EMBARQ при инспектировании коридора БРТ «TransMilenio». Мириам Гайде Карвахаль Лопес и Беатрис Елена Хурадо Флорес из Министерства транспорта Колумбии предоставили доступ к информации из Колумбийской национальной базы данных по безопасности дорожного движения, в том числе для городов Богота, Кали и Перейра.

Бренда Медейрос и Марта Обелейро из программы EMBARQ, Бразилия, координировали сбор данных в бразильских городах и участвовали в аудитах и инспекциях бразильских систем БРТ, что стало ценным вкладом в подготовку данной публикации. Компания-перевозчик «Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC)» и компания «Matricial Engenharia Consultiva Ltda.» предоставили данные о ДТП и подсчетах транспортного потока для города Порту-Алегри. От компании «Urbanização de Curitiba S. A. (URBS)» были получены данные о ДТП на коридорах БРТ в г. Куритиба. Транспортная компания «Empresa de Transporte e Trânsito

de Belo Horizonte S. A.» (BHTrans) предоставила данные о ДТП по нескольким выделенным автобусным коридорам в г. Белу-Оризонти, а инженерная компания «Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo» (CET-SP) предоставила данные о ДТП по выделенным автобусным коридорам в г. Сан-Паулу.

Мадхав Пай и Биной Маскаренас из программы EMBARQ, Индия, координировали сбор данных по индийским городам, в том числе по коридорам БРТ в г. Дели и по системе БРТ «Janmarg» в г. Ахмедабад.

Роб МакИнерни из Международной программы оценки дорог (iRAP) предоставил данные о ДТП с участием пешеходов в выделенном автобусном коридоре «South East Busway», г. Брисбен, штат Квинсленд, Австралия.

Рикардо Ривера Салас и Владимир Америко Гарсия Вальверде из «Instituto Metropolitano Protransporte de Lima» поделились базой данных о ДТП в системе БРТ в г. Лима.

Алехандре Кастро, операционный менеджер компании «Rio-Ônibus», поделился своим опытом в отношении операционного руководства и обеспечения безопасности на коридоре БРТ «TransOeste» в г. Рио-де-Жанейро в рамках инспекции безопасности дорожного движения.

Луис Рицци и Диего Пинто из Папского католического университета Чили предоставили доступ к набору данных о ДТП для системы с приоритетом автобусного транспорта «Transantiago» в г. Сантьяго-де-Чили, а также предоставили ценные замечания для этой публикации.

Али Доган Шалва, Элиф Чан Юче, и Сердар Ончель из программы EMBARQ, Турция, координировали сбор данных по г. Стамбул, и участвовали в аудитах безопасности дорожного движения в системе БРТ «Metrobüs» в г. Стамбул. Мумин Кахведжи и его сотрудники из «İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel» (İETT, Управление общественного транспорта г. Стамбул) поделились данными о ДТП и своим опытом обеспечения безопасности и управления операциями системы БРТ «Metrobüs», а также оказали помощь с турецким переводом пилотной версии этого документа.

Авторы хотели бы поблагодарить Тавия Аддо-Ашонг из программы «Global Road Safety Facility», (GRSF) Всемирного банка и Карла Гонсалес Карвахаль из Всемирного банка за помощь в проведении семинаров и тренингов по этой публикации в г. Вашингтон, округ Колумбия, и в г. Аддис-Абеба, благодаря чему появилась возможность получить ценные отзывы по этой публикации от экспертов и местных заинтересованных сторон.

Авторы также хотели бы отметить ценные комментарии Фреда Вегмана, Жака Командора и Атце Дейкстры (SWOV, голландский Национальный институт по исследованиям безопасности дорожного движения). Также нам помогали: Стив Лоусон (iRAP), Тони Блисс, Саид Дада, Сэм Циммерман, О. П. Агарваль (Всемирный банк), Субу Камаль, Санджай Вадгама (Лаборатория транспортных исследований), Лилия Блейдс (Программа ООН по населённым пунктам), Сезар Дуран Арроспиде (Муниципалитет г. Арекипа, Перу), Хуан Карлос Муньос (Папский католический университет Чили), Александра Рохас и Клаудия Пуэнтес («Fondo de Prevención Vial», Колумбия), Джанет Ранганатхан, Хольгер Далкманн, Клейтон Лейн, Дэвид Томберлин, Бенджамин Велле, Эйлин Кэрриган, Аарон Минник, Бенуа Колин, Хешуань Цзэн, Кэтрин Филардо (Институт мировых ресурсов), Пауло Кустодио и Герхард Менкхофф.

Список литературных ИСТОЧНИКОВ

- Barnett, A. G., J. C. van der Pols, and A. J. Dobson. 2004. "Regression to the Mean: What It Is and How to Deal with It." *International Journal of Epidemiology* 34, no. 1: 215–20.
- BITRE (Bureau of Infrastructure, Transport, and Regional Economics). 2009. *Road Crash Costs in Australia, 2006*. Report 118. Canberra: BITRE, November.
- Blincoe, L. J., A. G. Seay, E. Zaloshnja, T. R. Miller, E. O. Romano, S. Luchter, and R. S. Spicer. 2002. *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes, 2000*. Report DOT HS 809 446. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Bocarejo, J. P., J. M. Velasquez, C. A. Diaz, and L. E. Tafur. 2012. "Impact of BRT Systems on Road Safety: Lessons from Bogota." Paper presented at Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC.
- Carrigan, A., R. King, J. M. Velasquez, M. Raifman, and N. Duduta. 2013. *The Social, Environmental, and Economic Impacts of BRT Systems*. Washington, DC: EMBARQ.
- Cooper, J., R. J. Schneider, S. Ryan, and S. Co. 2012. "Documenting Targeted Behaviors Associated with Pedestrian Safety." Paper presented at the 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.
- Cropper, M., and S. Sahin. 2012. "Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks." Background paper for the joint World Bank–UN Assessment on Disaster Risk Reduction, Washington, DC.
- Diogenes, M. C., and L. A. Lindau. 2010. "Evaluating Pedestrian Safety at Midblock Crossings in Porto Alegre, Brazil." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2193: 37–43.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, and R. Jaffe. 2012. "Understanding the Road Safety Impact of High Performance BRT and Busway Design Characteristics." *Transportation Research Record* 2317: 8–16.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, and P. dos Santos da Rocha. 2013. "The Relationship between Safety, Capacity, and Operating Speed on Bus Rapid Transit." Paper presented at the 13th World Conference on Transport Research (WCTR), Rio de Janeiro.
- Duduta, N., L. A. Lindau, and C. Adiazola-Steil. 2013. "Using Empirical Bayes to Estimate the Safety Impacts of Transit Improvements in Latin America." Paper presented at the International Conference in Road Safety and Simulation, RSS 2013, Rome.
- Duduta, N., Q. Zhang, and M. Kroneberger. Forthcoming 2014. "The Impact of Intersection Design on Pedestrians' Decision to Cross on Red." *Transportation Research Record*.
- Dumbaugh, Eric, and R. Rae. 2009. "Safe Urban Form: Revisiting the Relationship between Community Design and Traffic Safety." *Journal of the American Planning Association* 75, no. 3: 309–29.
- Elvik, R., and T. Vaa. 2008. *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley, UK: Emerald Group.
- Esperato, A., D. Bishai, and A. Hyder. 2012. "Projecting the Health and Economic Impact of Road Safety Initiatives: A Case

Study of a Multi-country Project." *Traffic Injury Prevention*, 13, suppl. 1: 82–89.

Goh, K. C. K., G. Currie, M. Sarvi, and D. Logan. 2013. "Investigating the Road Safety Impacts of Bus Rapid Transit Priority Measures." Paper presented at the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, Washington DC.

Hidalgo, D., and A. Carrigan. 2010. *Modernizing Public Transportation: Lessons Learned from Major Bus Improvements in Latin America and Asia*. Washington, DC: World Resources Institute.

Hijar, M., A. Chandran, R. Pérez-Núñez, J. C. Lunnen, J. M. Rodríguez-Hernández, and A. Hyder. 2011. "Quantifying the Underestimated Burden of Road Traffic Mortality in Mexico: A Comparison of Three Approaches." *Traffic Injury Prevention* 13, suppl. 1: 5–10.

Klaver Pecheux, K., and H. Saporta. 2009. "Light Rail Vehicle Collisions with Vehicles at Signalized Intersections: A Synthesis of Transit Practice." TCRP Synthesis 79. Washington, DC: Transportation Research Board.

Ladrón de Guevara, F., S. P. Washington, and J. Oh. 2004. "Forecasting Crashes at the Planning Level: Simultaneous Negative Binomial Crash Model Applied in Tucson, Arizona." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1897: 191–99.

Moreno González, E. G., M. G. Romana, and O. M. Alvaro. 2013. "Effectiveness of Reserved Bus Lanes in Arterials." Paper presented at the 92nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.

NACTO. 2011. *Urban Bikeway Design Guide*. Washington, DC.

Pereira, B. M., L. A. Lindau, and R. A. Castilho. 2010. "A importância de simular sistemas Bus Rapid Transit." In *Proceedings of XVI CLATPU*. Mexico City.

Rickert, T. 2007. *Bus Rapid Transit Accessibility Guidelines*. Washington, DC: World Bank.

Rosén, E., and U. Sander. 2009. "Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed." *Accident Analysis & Prevention* 41, no. 3: 536–42.

Transportation Research Board (TRB). 2010. "Signalized Intersections. Pedestrian Mode." In *Highway Capacity Manual (HCM)*. Transportation Research Board, Washington, DC.

Vuchic, V. 2007. *Urban Transit: Systems and Technology*. Hoboken, NJ: Wiley and Sons.

WHO. 2013. *Global Status Report on Road Safety*. Geneva: World Health Organization.

Wright, L., and W. Hook, eds. 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*, 3rd ed. New York: Institute for Transportation and Development Policy.

Yazıcı M.A., H. Levinson, M. Ilcalı N. Camkesen, and C. Kamga. 2013. A Bus Rapid Transit Line Case Study: Istanbul's Metrobüs System. *Journal of Public Transportation* 16, no. 1, 153-177

Zhou, Z., G. Ren, W. Wang, Z. Yong, and W. Wang. 2011. "Pedestrian Crossing Behaviors at Signalized Intersections: Observational Study and Survey in China." Paper presented at the 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.

Примечания

- 1 Для получения информации о текущем состоянии проектов БРТ по всему миру см. веб-сайт brtdata.org.
- 2 Расчет на основании стоимости статистической жизни (ССЖ, см. пункт 10.1, где приводится определение и подробное описание), исходя из анализа затрат и преимуществ, проведенного для систем БРТ в г. Мехико и г. Богота (см. Carrigan et. al 2013 г.).
- 3 Источники: анализ программы EMBARQ; Duduta, Lindau, Adriaola-Steil 2013; Goh et. al. 2013. В число использованных методов входит эмпирический байесовский анализ (г. Гвадалахара и г. Мельбурн), сравнение данных по числу ДТП с поправкой на общегородские тенденции (г. Мехико, г. Богота), и простое сравнение численности ДТП до и после (г. Ахмадабад).
- 4 Описание, методика калибровки и предыдущие случаи применения Симулятора систем БРТ программы EMBARQ можно найти в работе Pereira, Lindau and Castilho 2010.
- 5 Расчет программы EMBARQ, основанный на типах турникетов и способе оплаты, используемых в системе БРТ «Metrobüs», г. Стамбул.
- 6 Это относится к ситуации, в которой транспортный поток движется по правой стороне дороги. За исключением случаев, когда специально оговорено иное, в этой публикации мы всегда подразумеваем правостороннее движение.

Перечень иллюстраций

Рисунок 1	Повышение безопасности дорожного движения в виде доли общего объема экономических преимуществ за счет внедрения типичной латиноамериканской системы БРТ.....	4
Рисунок 2	Изменения в инфраструктуре улицы при размещении на ней типичной латиноамериканской системы БРТ (здесь – система БРТ «Macrobus», г. Гвадалахара) и сопутствующее повышение безопасности дорожного движения	8
Рисунок 3	Число ДТП на проспекте Calzada Independencia, г. Гвадалахара, 2007–2011 гг.....	8
Рисунок 4	Число смертельных исходов в автобусных коридорах, с разбивкой по типу участников дорожного движения (включены данные из городов Мехико, Гвадалахара, Дели, Ахмадабад, Куритиба, Порту-Алегри и Белу-Оризонти)	10
Рисунок 5	Распространенные виды ДТП в выделенных автобусных коридорах и системах БРТ с осевым размещением.....	11
Рисунок 6	Распространенные виды ДТП на выделенных автобусных полосах с боковым размещением.....	12
Рисунок 7	Распространенные виды ДТП у главных остановочных комплексов многополосной системы БРТ	13
Рисунок 8	Пешеходы, переходящие один из коридоров системы БРТ г. Дели на перегонном участке улицы.....	23
Рисунок 9	Пешеходный переход на перегонном участке городской магистрали	24
Рисунок 10	Пешеходы пересекают автобусные полосы в неполюженном месте в одном из коридоров системы БРТ «TransMilenio» в г. Богота	25
Рисунок 11	Число аварий в г. Порту-Алегри по месту расположения на сегментах улиц: Рассчитано по базе данных ДТП, предоставленной компанией-перевозчиком системы общественного транспорта «Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC)», г. Порту-Алегри, 2011 г.....	26
Рисунок 12	Пешеходный переход на перегонном участке узкой улицы	26
Рисунок 13	Пешеходная эстакада с пандусом и площадкой для отдыха в г. Леон, Мексика	27
Рисунок 14	Пешеходы перепрыгивают через ограждение и переходят выделенный автобусный коридор в неполюженном месте в г. Дели, рядом с пешеходной эстакадой	27
Рисунок 15	Устройство улицы с боковым размещением автобусных полос	28
Рисунок 16	Пешеходы, идущие по автобусной полосе, коридор с боковым размещением автобусных полос «Eje 1 Oriente», г. Мехико	29
Рисунок 17	ДТП с участием автобусов, по типам происшествий, коридор с боковым размещением автобусных полос на «Eje Central», г. Мехико (2006–2010 гг.)	29
Рисунок 18	Человек толкает тележку с товаром по автобусной полосе, коридор с боковым размещением автобусных полос «Eje Central», г. Мехико	29
Рисунок 19	Коридор «TransOeste» системы БРТ г. Рио-де-Жанейро	30
Рисунок 20	Схематический план, иллюстрирующий возможность сокращения площади перекрестка за счет сужения радиусов поворота и устройства тротуарных мысов (отмечены красным).....	35
Рисунок 21	«Расчистка обзора» и островки безопасности	36
Рисунок 22	Пример перекрестка без разметки и с разметкой примыканий	37
Рисунок 23	Пример того, как можно решить проблему несоответствия числа полос до и после перекрестка путем сокращения числа полос на подъезде к перекрестку, а также выделения полос только для поворота.....	38
Рисунок 24	Кольцевой объезд вокруг квартала, Вариант 1: за перекрестком, на котором запрещен левый поворот	39
Рисунок 25	Кольцевой объезд вокруг квартала, Вариант 2: до перекрестка, на котором запрещен левый поворот	39
Рисунок 26	Рекомендованное оформление двух вариантов знаков для предупреждения о кольцевом объезде	39
Рисунок 27	Большой четырехсторонний перекресток, левые повороты запрещены	40
Рисунок 28	Деталь пешеходного островка безопасности	41
Рисунок 29	Большой четырехсторонний перекресток, левые повороты разрешены	42
Рисунок 30	Схема ДТП: наиболее распространенный тип ДТП с участием автобусов в системах БРТ или выделенных автобусных коридорах с осевым размещением: смешанный транспорт выполняет неразрешенный левый поворот перед автобусом... ..	43
Рисунок 31	Перекресток с велосипедными дорожками	44

Рисунок 32 Пример использования знаков и разметки велосипедной дорожки	45
Рисунок 33 Малый четырехсторонний перекресток с возможностью сквозного проезда	46
Рисунок 34 Сквозной проезд по поперечной улице перекрыт.....	47
Рисунок 35 Малый четырехсторонний перекресток, велосипедные повороты.....	48
Рисунок 36 Первый этап левого поворота: Велосипедисты продолжают ехать прямо по ходу движения коридора БРТ на зеленый свет, и останавливаются на выделенной площадке по правой стороне дорожки, где ожидают смены сигнала светофора.....	49
Рисунок 37 Второй этап левого поворота: Когда загорается зеленый сигнал светофора на поперечной улице, велосипедисты пересекают коридор БРТ вместе с остальным транспортным потоком.....	49
Рисунок 38 Устройство перекрестка при боковом размещении коридора БРТ.....	50
Рисунок 39 План участка примыкания к перекрестку улицы с боковым размещением автобусного коридора.....	50
Рисунок 40 Сравнение профилей безопасности дорожного движения в трех типах автобусных коридоров в г. Гвадалахара, Мексика ...	51
Рисунок 41 Перекресток: организация полос с приоритетом автобусного транспорта и полос для движения смешанного транспорта ..	51
Рисунок 42 Участники ДТП в коридорах с боковым размещением автобусных полос в г. Гвадалахара (проспект Avenida Alcalde), по типам транспортных средств.....	51
Рисунок 43 Пешеходы, переходящие проезжую часть на красный свет: пересадочный узел Eminönü, г. Стамбул (слева), и близ остановки автобуса-экспресса на проспекте Salvador Allende, г. Рио-де-Жанейро (справа)	52
Рисунок 44 Доля пешеходов, переходящих улицу на красный свет на регулируемом перекрестке, обусловленная продолжительностью ожидания пешеходов на светофоре (по данным Duduta, N., Q. Zhang, and M. Kroneberger. Forthcoming 2014).....	54
Рисунок 45 Пешеходы в Рио-де-Жанейро переходят улицу на красный свет в отсутствие приближающегося транспортного потока.	55
Рисунок 46 Новые дорожные знаки и разметка дорожного полотна, обозначающие окончание общей полосы и начало выделенной автобусной полосы, перед которой смешанный транспортный поток должен повернуть направо.	57
Рисунок 47 Типичное устройство перекрестка и системы общественного транспорта в историческом центре г. Мехико после ввода в эксплуатацию коридора «Линия 4» системы БРТ «Metrobús»	56
Рисунок 48 Пешеходы перебегают автобусные полосы, пытаясь попасть на остановочный комплекс без оплаты проезда, система БРТ «TransMilenio»	61
Рисунок 49 Доступ к остановочному комплексу на городской магистрали.....	60
Рисунок 50 Пешеходная зона на выходе из остановочного комплекса Calle 72 системы БРТ «TransMilenio» заполнена до отказа.	61
Рисунок 51 Остановочный комплекс на разделительной полосе по центру улицы.....	62
Рисунок 52 Пешеход переходит дорогу перед остановочным комплексом, не оснащенным разделительным барьером между автобусной полосой и полосой для движения смешанного транспорта.....	62
Рисунок 53 Платформенная перегородка остановочного комплекса системы БРТ в г. Куритиба. Двери открыты, хотя автобуса нет. Это создает угрозу безопасности в переполненном остановочном комплексе, поскольку пассажиры могут случайно упасть на автобусную полосу.....	62
Рисунок 54 Система БРТ «TransMilenio» в 2006 г.: проход между двумя остановочными секциями в пределах одного остановочного комплекса.....	63
Рисунок 55 Система БРТ «TransMilenio» в 2011 г.: высота ограждений вдоль того же самого прохода была увеличена, чтобы перелезть через них было сложнее.....	63
Рисунок 56 Пассажиры не дают закрыться раздвижным дверям на остановочном комплексе системы БРТ «TransMilenio».....	63
Рисунок 57 Полосы для движения автобусов-экспрессов	64
Рисунок 58 Варианты ДТП с участием автобусов у остановочных комплексов	65
Рисунок 59 Пешеходы, выходящие с остановочного комплекса подвозящего маршрута системы «TransMilenio» через неположенный выход	66
Рисунок 60 Вход и выход из остановочного комплекса	66
Рисунок 61 Пешеходы переходят проезжую часть в неположенных местах, выходя с остановочного комплекса в коридоре БРТ, г. Дели.....	67
Рисунок 62 Пешеходы переходят автобусные полосы в неположенных местах, направляясь к платформе остановочного комплекса в коридоре БРТ, г. Дели	67

Рисунок 63 Автобус маневрирует для объезда автомобиля, остановившегося перед остановочным комплексом с боковым размещением в системе «Transantiago», г. Сантьяго-де-Чили	68
Рисунок 64 Остановочные комплексы в коридорах с боковым размещением автобусных полос	68
Рисунок 65 Полосы с приоритетом автобусного транспорта и полосы для движения обычного общественного транспорта	69
Рисунок 66 Остановочный комплекс «Mecidiyeköy» системы БРТ «Metrobüs» в г. Стамбул	70
Рисунок 67 Наиболее распространенные типы ДТП с получением травм, с участием автобусов системы БРТ, работающей на скоростной магистрали	72
Рисунок 68 Проектное решение, иллюстрирующее сочетание двухстороннего аварийного ограждения и ограждающей конструкции, рекомендованное для систем БРТ на скоростных магистралях	73
Рисунок 69 Слева: перегруженный вход на остановочный комплекс в вечерний час пик в районе «Cevizlibağ» в старой части коридора «Metrobüs»; справа: улучшенный вход на остановочный комплекс с турникетами на пешеходной площади выше уровня проезжей части коридора	74
Рисунок 70 Проектное решение, направленное на увеличение пропускной способности и сокращение переполненности остановочного комплекса, размещенного на центральной разделительной полосе в системе БРТ, организованной на скоростной автомагистрали	75
Рисунок 71 Вид пересадочного узла Indios Verdes, г. Мехико, с высоты птичьего полета. Пункт пересадки между системой БРТ «Metrobüs», метро и маршрутными такси, курсирующими между северными районами и Эстадо ди Мехико	78
Рисунок 72 Пересадки между магистральными маршрутами	80
Рисунок 73 Схема ДТП, иллюстрирующая возможный конфликт между автобусами, выполняющими правый поворот и смешанным транспортом, двигающимся прямо. Такой тип ДТП уже происходил в системе БРТ «TransMilenio»	81
Рисунок 74 Развязка для трех коридоров системы БРТ «TransMilenio»: NQS, Calle 80 и Avenida Suba	81
Рисунок 75 Пересадка с пересечением перекрестка	83
Рисунок 76 Пересадки между магистральными маршрутами	84
Рисунок 76 Пересадки между магистральными маршрутами	85
Рисунок 77 Интегрированный терминал	86
Рисунок 78 Изображения, показывающие типичную конструкцию терминала системы БРТ «TransMilenio». Слева: зеленые подвозящие автобусы останавливаются на левой стороне платформы. Справа: красный сочлененный магистральный автобус останавливается с правой стороны той же платформы	87
Рисунок 79 Точки доступа к интегрированным терминалам	88
Рисунок 80 Примеры конфигураций терминалов	89
Рисунок 81 Пересадка на местные автобусные маршруты	90
Рисунок 82 Интеграция с велосипедной сетью	91
Рисунок 83 Преимущества от повышения уровня безопасности, выраженные в виде доли от общей суммы экономических преимуществ, получаемых за счет внедрения системы скоростного автобусного сообщения (системы БРТ)	98
Рисунок 84 Примеры конфигураций автобусных коридоров, имеющих полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку	102
Рисунок 85 «Eje 3 Oriente Eduardo Molina» до изменений, на улице устроены полосы с направлением движения, встречным основному транспортному потоку, и по ходу движения требуется перестраиваться на другую сторону улицы	103
Рисунок 86 «Eje 3 Oriente» после реализации изменений, полосы системы БРТ для 5-й линии «Metrobüs» и улучшенная пешеходная инфраструктура	103

Перечень Таблиц

Таблица 1	Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет внедрения систем с приоритетом автобусного транспорта	7
Таблица 2	Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет изменений в общей инфраструктуре улиц при внедрении системы с приоритетом автобусного транспорта	9
Таблица 3	Результаты оценки изменения уровня безопасности дорожного движения за счет внедрения систем с приоритетом автобусного транспорта в Латинской Америке, Индии и Австралии	10
Таблица 4	Влияние метода организации полос в выделенных автобусных коридорах на безопасность дорожного движения	15
Таблица 5	Предлагаемые скорости на 85-й перцентили для различных типов дорог	20
Таблица 6	Влияние пешеходных эстакад на повышение безопасности дорожного движения	27
Таблица 7	Результаты моделирования сценариев с прогнозом на 2016 г.	33
Таблица 8	Влияние конструктивных элементов улиц и перекрестков на уровень безопасности дорожного движения	36
Таблица 9	Потенциальное влияние запрета левого поворота на изменение уровня безопасности дорожного движения	42
Таблица 10	Изменение уровня безопасности дорожного движения за счет преобразования сквозного четырехстороннего перекрестка в два смежных трехсторонних перекрестка	46
Таблица 11	Двоичная модель вероятности с логистическим распределением для прогнозирования выбора решения пешехода пересечь улицу на красный свет на регулируемом перекрестке (положительное значение указывает на высокую вероятность решения перейти на красный свет)	53
Таблица 12	Примеры конфигураций светофорного регулирования и соответствующей продолжительности ожидания пешеходов	54
Таблица 13	Типичные технические скорости в системах общественного транспорта, по виду сообщения и типу пути	72
Таблица 14	Изменение уровня безопасности за счет внедрения различных типов систем с приоритетом автобусного транспорта	95
Таблица 15	Значения и диапазоны стоимости статистической жизни (ССЖ) в развитых странах мира	96
Таблица 16	Стоимость травмы, полученной в результате ДТП, согласно Руководству по транспортному анализу Министерства транспорта Великобритании	97
Таблица 17	Средневзвешенное влияние различных характеристик на уровень безопасности, рассчитанное на основе коэффициентов из отрицательной биномиальной и пуассоновской модели частоты ДТП по городам Мехико, Порту-Алегри, Гвадалахара и Богота	101

Фотографии:

EMBARQ/ EMBARQ Мексика / EMBARQ Бразилия

Обложка, Внутренняя обложка, Рисунки: 8, 10, 13, 14,
16, 18, 19, 32, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 59,
61, 62, 63, 66, 69, 71, 78, 85, 86

Страницы: 10, 16, 17, 18, 22, 34, 58, 92, 93

Гвадалахара БРТ: Барнардо Баранда Сепульведа/

ITDP 2009 Flickr изображения

Рисунок: 2

Лучо Молина - Flickr изображения

Рисунок: 56

Карта: Google, DigitalGlobe, INEGI

Рисунок: 76

Карта: Google, DigitalGlobe

Рисунок: 74, 80

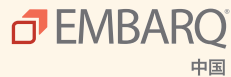
ISBN: 978-1-56973-860-3

**EMBARQ**

10 G Street, NE, Suite 800
Washington, DC 20002
USA
+1 (202) 729-7600

**EMBARQ BRASIL**

Av. Independência,
1299/ 401, Porto Alegre, RS,
Brasil 90035-077
+55 (51) 33126324

**EMBARQ CHINA**

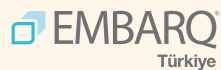
Unit 0902, Chaowai SOHO Tower A
Yi No. 6
Chaowai Dajie, Chaoyang District
Beijing 100020, China
+86 1059002566

**EMBARQ INDIA**

Godrej and Boyce Premises
Gaswork Lane, Lalbaug
Parel, Mumbai 400012
+91 2224713565

**EMBARQ MÉXICO**

Calle Belisario Dominguez #8,
Planta Alta
Colonia Villa Coyoacán, C.P. 04000
Delegacion Coyoacán, México D. F.
+52 (55) 3096-5742

**EMBARQ TÜRKİYE**

Sürdürülebilir Ulaşım Derneği
Gümüşsuyu Mah. İnönüCad.
No:29 Saadet Apt. Kat:6 D:7
Taksim, Beyoğlu, İstanbul
Tel: 0 (212) 2435305

A program of the

 WORLD RESOURCES INSTITUTE



Программа EMBARQ, в составе Центра им. Росса по развитию устойчивых городов при институте «World Resources Institute» является глобальной сетью, помогающей городам мира претворить в жизнь концепцию устойчивого транспорта.

Программа EMBARQ выступает в качестве катализатора и помогает в реализации экологически-, социально- и финансово-устойчивых решений в области городской мобильности и городского планирования, с целью улучшения качества жизни людей в городах. Будучи основана в 2002 году в качестве программы «World Resources Institute», EMBARQ ведет свою работу посредством глобальной сети с офисами в Бразилии, Китае, Индии, Мексике и Турции.

Сеть программы EMBARQ поддерживает сотрудничество с местными и национальными органами власти, бизнесом, академическими кругами и гражданским обществом в следующих направлениях: уменьшение загрязнения окружающей среды, улучшение здоровья населения, а также создание безопасных, доступных и привлекательных общественных пространств в городах и интегрированных систем общественного транспорта. Программа EMBARQ сумела добиться мирового признания своего опыта и умения надлежущей реализации местных программ, а также решения национальных и международных стратегических и финансовых вопросов. Более подробная информация доступна на веб-сайте: www.embarq.org

Проект Программы развития ООН и Глобального экологического фонда

«Устойчивый Транспорт города Алматы»

Целью Проекта является снижение роста выбросов парниковых газов от транспорта в городе Алматы, при одновременном улучшении городской окружающей среды, путем:

- 1) улучшения управления общественным транспортом и качеством воздуха в Алматы;
- 2) создания потенциала в Алматы для целостного планирования и улучшения эффективности и качества общественного транспорта;
- 3) создания потенциала для целостного планирования и осуществления мер по комплексному управлению дорожным движением в г. Алматы;
- 4) реализации демонстрационных проектов с целью повышения информированности и улучшении знаний об устойчивом транспорте.

Важным результатом деятельности должна стать реализация пилотных проектов: проектирование и строительство первого коридора БРТ и велодорожки в г. Алматы. Проект оказывает техническую помощь в обосновании, проектировании и продвижении этих инициатив.

Более подробная информация доступна на www.cda.kz/cast <https://www.facebook.com/sustainable.transport.Almaly/timeline>

Адрес: 050023 Республика Казахстан, г.Алматы, ул. Рыскулбекова 33/1, офис 303. Тел.: +7 727 312 19 95