



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ГОРОДАХ

МОНОГРАФИЯ

В печать
проректор

Ушаков В.В.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»

ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ГОРОДАХ

МОНОГРАФИЯ

МОСКВА
МАДИ
2020

УДК 656.183
ББК 39.363
В278

Авторский коллектив:
Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков, С.О. Зеге, Е.В. Шашина

Рецензент:
канд. техн. наук, научный руководитель Научно-исследовательского института
автомобильного транспорта (ОАО «НИИАТ») *Донченко В.В*

В278 Велосипедный транспорт в городах: монография / Ю.В. Трофименко
[и др.]; под науч. ред. Ю.В. Трофименко. – М.: МАДИ, 2020. – 154 с.

В монографии рассмотрены преимущества и недостатки велосипедного движения, уровень его развития в разных странах. Сформулированы требования к стационарным и передвижным объектам велосипедного транспорта в городах. Рассмотрены архитектурно-планировочные, инженерные решения и нормативы по проектированию объектов велосипедной инфраструктуры в разных странах, конструированию велотранспортных средств и средств малой мобильности, а также методы моделирования и оценки эффективности мероприятий по развитию велосипедного движения.

Монография предназначена для специалистов, студентов и преподавателей, занимающихся вопросами транспортного планирования, урбанистики, устойчивого развития городских транспортных систем, инженерной защиты окружающей среды.

УДК 656.183
ББК 39.363

© МАДИ, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	8
Раздел 1. Велосипедный транспорт в городских транспортных системах	13
1.1. Место велосипедного движения в транспортной системе ...	13
1.2. Системы организации велосипедного движения.....	17
1.3. Преимущества и недостатки велосипедного транспорта	20
1.3.1. Качество общественного пространства населённых пунктов	20
1.3.2. Использование территории и загрязнение воздуха	21
1.3.3. Состояние здоровья населения	22
1.3.4. Безопасность дорожного движения	24
1.3.5. Развитие экономической активности на территории ...	27
1.3.6. Развитие экологической культуры и туризма	29
1.4. Уровень развития велосипедного движения за рубежом	30
1.5. Требования к велосипедному транспорту.....	35
Раздел 2. Объекты велотранспортной инфраструктуры. Архитектурно-планировочные, инженерные решения и нормативы	38
2.1. Принципы проектирования велотранспортной инфраструктуры в городском пространстве.....	38
2.2. Пути для велосипедного движения	41
2.2.1. Общие замечания	41
2.2.2. Инновационные конструкции велоэстакад	49
2.3. Сравнение нормативов по проектированию велосипедных дорожек в России и в Германии.....	62
2.3.1. Совместное движение с автомобильными и пешеходными потоками	63
2.3.2. Подъезды к домам и тупиковые улицы.....	65
2.3.3. Жилая улица	66
2.3.4. Приоритет проезда	67
2.3.5. Подъезд к перекрёсткам.....	67

2.3.6. Примыкание велосипедного и пешеходного путей друг к другу	68
2.3.7. Выделение велополосы вдоль проезжей части.....	69
2.3.8. Выделение велодорожки вдоль проезжей части	70
2.3.9. Дорожная разметка на перекрёстках.....	71
2.3.10. Сигнализация	72
2.4. Британские нормативы по велосипедной инфраструктуре..	73
2.4.1. Учёт интенсивности и скорости потоков на проезжей части	73
2.4.2. Нормативы на ширину велодорожек и велополос.....	74
2.4.3. Обособленные и смешанные велополосы на проезжей части.....	74
2.4.4. Изолированные велодорожки (конструктивно отделённые от проезжей и пешеходной части).....	76
2.4.5. Стандарты дизайна велосипедной инфраструктуры Лондона LCDS	76
2.4.6. Руководство по велосипедно-ориентированному дизайну Sustrans	77
2.5. Руководства по проектированию городских велодорожек в США	77
2.6. Руководство по развитию велосипедного движения PRESTO.....	80
Раздел 3. Транспортные средства (велосипеды, средства малой мобильности). Инженерные решения и нормативы.....	82
3.1. Конструкции и технические характеристики велосипедов и средств малой мобильности.....	82
3.2. Элементы конструкции велотранспортных средств для обеспечения безопасности движения	84
3.3. Нормативные документы по безопасности конструкции велосипедов.....	93
Раздел 4. Моделирование и оценка эффективности мероприятий по развитию велосипедного движения.....	94

4.1. Общие замечания.....	94
4.2. Оценка объёма велотранспортной работы.....	97
4.2.1. Оценка велотранспортной работы по результатам измерений.....	97
4.2.2. Оценка транспортной работы по результатам социологических опросов населения.....	102
4.3. Оценка транспортной эффективности веломаршрута.....	108
4.4. Оценка безопасности веломаршрута и велотранспортной инфраструктуры	112
4.4.1. Общие замечания	112
4.4.2. Методика оценки безопасности велотранспортной инфраструктуры	115
4.5. Оценка эффективности велосипедного движения.....	124
4.5.1. Критерии (показатели) эффективности велосипедного движения.....	124
4.5.2. Комплексный показатель мобильности велосипедиста.....	128
4.5.3. Уровень качества велосипедного движения LOS	129
4.5.4. Уровень качества велосипедного движения CLoS	133
4.5.5. Составной показатель эффективности	144
Заключение.....	148
Список литературы	152

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

AASHTO – The American Association of State Highway and Transportation Officials – Американская ассоциация руководителей дорожных и транспортных служб штатов

CLoS – cycling level of service – уровень качества велосипедной инфраструктуры

GPS – global positioning system – глобальная система определения местоположения

HCM – Highway Capacity Manual – Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог

LOS – level of service – уровень качества

MUTCD – Manual on Uniform Traffic Control Devices – Руководство по единым средствам управления движением

NACTO – National Association of City Transportation Officials – Национальная ассоциация руководителей городских транспортных служб

PCL – pedestrian comfort level – уровень комфорта пешеходов

PRESTO – promoting cycling for everyone as a daily transport mode – популяризация велосипеда как общедоступного вида транспорта для ежедневных поездок

БДД – безопасность дорожного движения

ВДИА – велодорожка изолированная, примыкающая к проезжей части автодороги

ВДИН – велодорожка изолированная, не примыкающая ни к проезжей части автодороги, ни к пешеходной дороге

ВДИП – велодорожка изолированная, примыкающая к пешеходной дороге

ВПАО – велополоса на проезжей части автодороги, обособленная

ВПАС – велополоса на проезжей части автодороги, смешанная

ВППО – велополоса на пешеходной дороге, обособленная

ВППС – велополоса на пешеходной дороге, совмещённая

ВТИ – велотранспортная инфраструктура

ВТП – велотранспортный поток

ВТС – велотранспортное средство

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ЖУ – жилые улицы

КС – конфликтная ситуация

ЛТС – лёгкое транспортное средство

МРД – магистральные улицы и дороги общегородского значения регулируемого движения

ПДД – правила дорожного движения

РМ – магистральные улицы районного значения

ТП – транспортный поток

ТС – транспортное средство

УДМ – улицы и дороги местного значения

УДС – улично-дорожная сеть

ВВЕДЕНИЕ

Массовое внедрение цифровых и информационных технологий в транспортную сферу активно способствует формированию новой системы транспортных приоритетов в городах, когда вектор обеспечения мобильности населения переносится с индивидуального автомобиля на пешеходное и велосипедное движение, средства малой мобильности, общественный транспорт.

Внедрение таких технологий, как анализ данных в реальном времени, дроны, интернет вещей, наблюдение за транспортными потоками и отдельными автомобилями, другими видами транспорта в реальном времени с помощью навигационных средств кардинально меняет содержание транспортно-логистических, телематических транспортных и информационных услуг, ведёт к созданию нового уровня мобильности и качества жизни людей.

При введении всех этих технологических новинок должна обеспечиваться функциональная устойчивость транспортной системы – её способность обеспечивать качественное удовлетворение потребностей общества в перевозках (баланс транспортного спроса и предложения) за счёт развития мультимодальности при одновременной минимизации негативных воздействий на здоровье населения, экологию и состояние окружающей природной и социальной среды.

В последние десятилетия за рубежом велосипедный транспорт в городах переживает бурный, инновационный этап своего развития. Успех кроется в положительных синергетических эффектах для среды обитания: от борьбы с транспортными и экологическими проблемами до улучшения здоровья людей, экономического развития и оздоровления социально-культурного состояния общества.

Между тем велосипед по уровню комфорта и безопасности уступает автомобилю. Данное обстоятельство требует целенаправленного управления мобильностью, так как нельзя доказать целесообразность пересаживания с автомобиля на велосипед, исходя только из соображений рациональности и экономической эффективности. Здесь необходимы аргументы, основанные на социальных и

морально этических принципах, связанных с улучшением качества жизни, здоровья, освоением культурных ценностей, «общением с природой» и др. Они более детально рассмотрены, например, в [1].

Велосипедный транспорт¹ в городской транспортной системе имеет свою нишу по расстоянию (до 5...10 км) и скорости движения (до 20...30 км/ч). При этом велосипед рассматривается одновременно как самостоятельный вид транспорта, и как составная компонента мультимодальных перевозок пассажиров или грузов.

Для того, чтобы велосипедный транспорт в городах становился всё более привлекательным для жителей и более массовым видом транспорта, необходимо сделать его более безопасным, комфортным, надёжным, экологически предпочтительным по сравнению с другими видами транспорта, что можно реализовать только при одновременной реализации на систематической основе комплекса архитектурно-планировочных, строительных, инженерно-технических, транспортных, организационных мероприятий по преобразованию уличного пространства, совершенствованию объектов транспортной и ВТИ, велотранспортных средств (ВТС), организации дорожного движения в условиях интенсивного развития информационно-коммуникационных транспортных технологий, электромобилизации, технологий обеспечения автономности и безопасности транспортных средств (ТС).

Научное обоснование таких мероприятий, оценка эффективности каждого из них, а также комплексная оценка влияния совокупности мер при их одновременной или последовательной реализации на эффективность городских транспортных систем разного уровня сложности при их развитии представляет собой актуальную научную проблему, которую необходимо решать.

¹ В понятие «велосипедный транспорт» входят легковые и грузовые велосипеды, веломобили, самокаты, коляски для маломобильных людей, которые могут быть оснащены электрическими двигателями, а также сегвеи, моноколёса с электроприводом и их аналоги. Все эти ТС должны сертифицироваться и допускаться к организованному велосипедному движению.

На основании анализа зарубежного опыта можно выделить четыре основных фактора, влияющих на развитие велосипедного движения:

- удалённость мест транспортного притяжения (планирование компактной и удобной городской среды);
- условия владения и эксплуатации автомобиля (чем в большей степени владелец автомобиля оплачивает наносимый им природе и обществу ущерб, тем более разумно его транспортное поведение);
- развитие велосипедной инфраструктуры (ВТИ) и учёт интересов велосипедистов в организации дорожного движения (безопасная и удобная ВТИ, дающая приоритет велоспользователям, является мощным стимулом для развития велосипедного движения);
- уровень велокультуры, то есть понимания обществом экологических, экономических и оздоравливающих преимуществ велосипеда.

Совокупная доля влияния этих факторов в развитии велосипедного движения превышает 90%. Все остальные факторы, вместе взятые, такие как исторические традиции, рельеф местности, климат, количество осадков и прочее, влияют на 10%.

В данной работе на основании анализа зарубежного и отечественного опыта формулируются требования к велотранспортной системе (объектам ВТИ и ВТС), рассматриваются мероприятия по совершенствованию велотранспортных систем, технологий и конструкций, методы и результаты оценки их эффективности.

В основу монографии положены результаты выполненных НИР по данной тематике, в том числе в рамках реализации проекта ПРООН/ГЭФ-Минтранс России «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России».

В разделе 1 рассмотрены роль и место велосипедного движения в транспортных системах городов и сформулированы требования к велосипедному транспорту.

Отсутствие устойчивого велосипедного движения как привычного вида транспорта ограничивает число пользователей на начальном этапе, зато позволяет строить велотранспортную инфраструктуру «с нуля», реализуя программы безопасного и эффективного использования ТС малой мобильности. Важнейшую роль в этом направлении должно сыграть развитие путей для велосипедного движения, которые следует адаптировать как к потребностям людей, так и к возможностям населённых пунктов. Чтобы развивать велодвижение в мегаполисах, надо строить выделенные велодорожки, использование которых будет комфортно и выгодно и которые в идеале должны образовать связную велотранспортную сеть.

В разделе 2 изложены возможные инженерные решения для создания путевой инфраструктуры, способной стимулировать развитие велосипедного движения. Рассмотрены вопросы организации велосипедного движения на улично-дорожной сети (УДС) с позиций обеспечения безопасности, экологичности, комфорта и эффективности велосипедного движения. Это, прежде всего, архитектурно-планировочные решения по преобразованию уличного пространства с гармоничным вписыванием в него велодорожек и других объектов ВТИ.

В разделе 3 рассмотрены современные конструкции ТС (велосипеды, средства малой мобильности) и аксессуары, обеспечивающие безопасность и комфорт передвижения велосипедистов.

Раздел 4 посвящён вопросам моделирования велосипедного спроса и предложения, оценки уровней безопасности велосипедных маршрутов, оценки эффективности мероприятий по развитию велосипедного движения.

Авторы отдают себе отчёт в том, что при отсутствии развитых и эффективных велотранспортных систем в российских городах сформулированную выше проблему в полном объёме решить невозможно. Однако выявить тренды, ключевые моменты и концептуально сформулировать алгоритм её решения и на отдельных примерах (фрагментарно) показать обоснованность принятых методических

подходов и практическую значимость полученных результатов представляется вполне осуществимой задачей.

Авторы будут благодарны читателям за предложения и пожелания, которые обязательно учтут в своих дальнейших исследованиях по данному направлению.

Раздел 1. ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

1.1. Место велосипедного движения в транспортной системе

Вполне очевидно, что в крупных городах и мегаполисах велосипед может стать комфортной, безопасной и экономически оправданной альтернативой личному автомобилю при регулярных перемещениях как самостоятельное ТС, но, прежде всего, за счёт комбинации общественного транспорта и велосипедного движения (рис. 1.1), которые требуют меньшего землеотвода, чем автомобильные дороги, и пропускную способность которых сложно и дорого обеспечивать в давно сложившейся застройке.

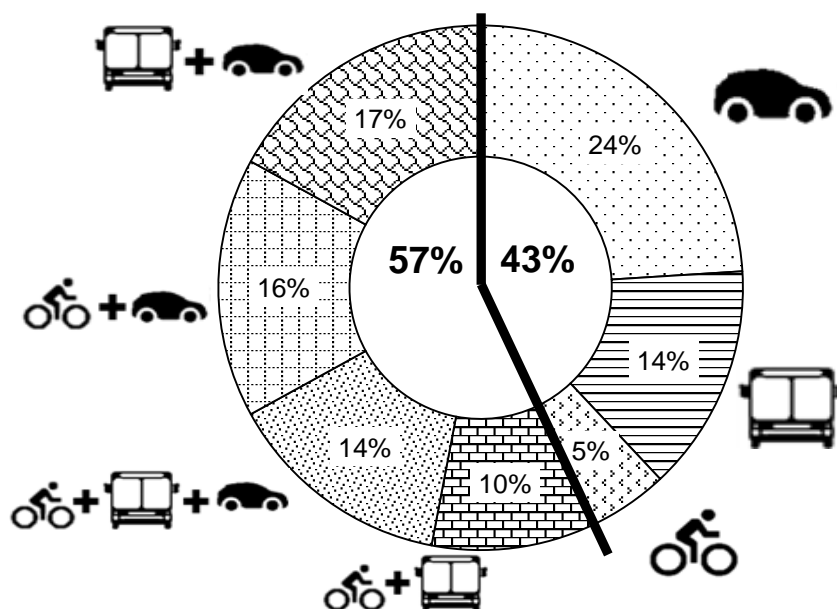


Рис. 1.1. Комбинирование видов транспорта для ежедневных поездок не реже одного раза в неделю (по данным системы репрезентативных опросов о дорожном движении "SrV" в Дрездене, 2013 г. [2])

Развитие ВТС и ТС индивидуальной мобильности тесно связано с развитием общественного транспорта, а также с мерами по ограничению использования личных автомобилей.

Характеристики велопоездки зависят от уровня развития велосипедного движения (велосипедной культуры) и, как следует из рис. 1.2, доля их в общем количестве поездок различается в разных странах.

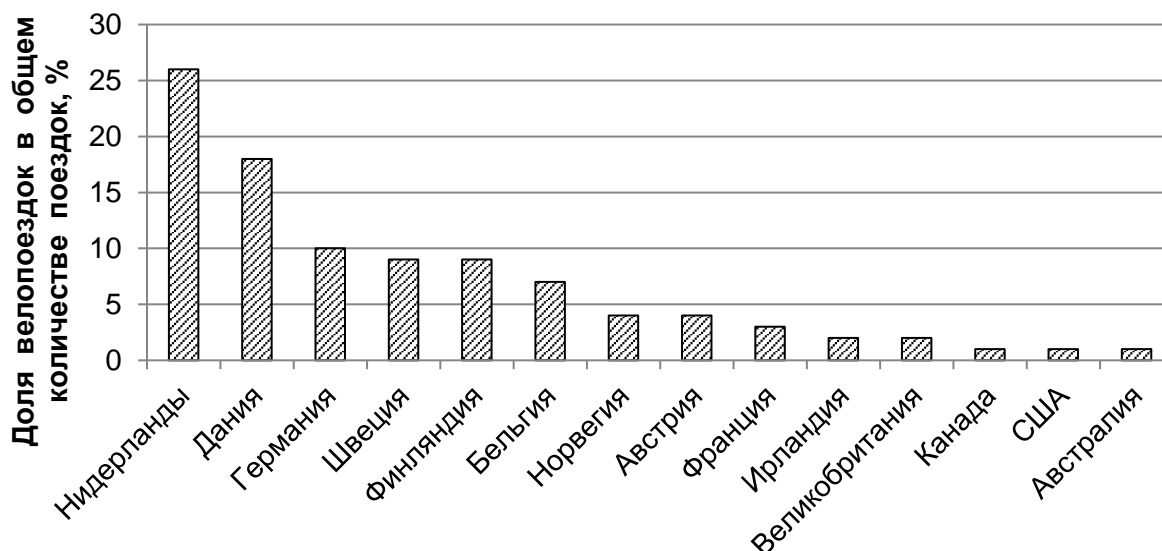


Рис. 1.2. Доля велопоездок в общем количестве поездок в разных странах

Как показывают исследования, велосипед чаще используют при поездках на расстояния до 5...7 км, однако имеют место и дальние (до 100 км) велопоездки [3] (рис. 1.3).

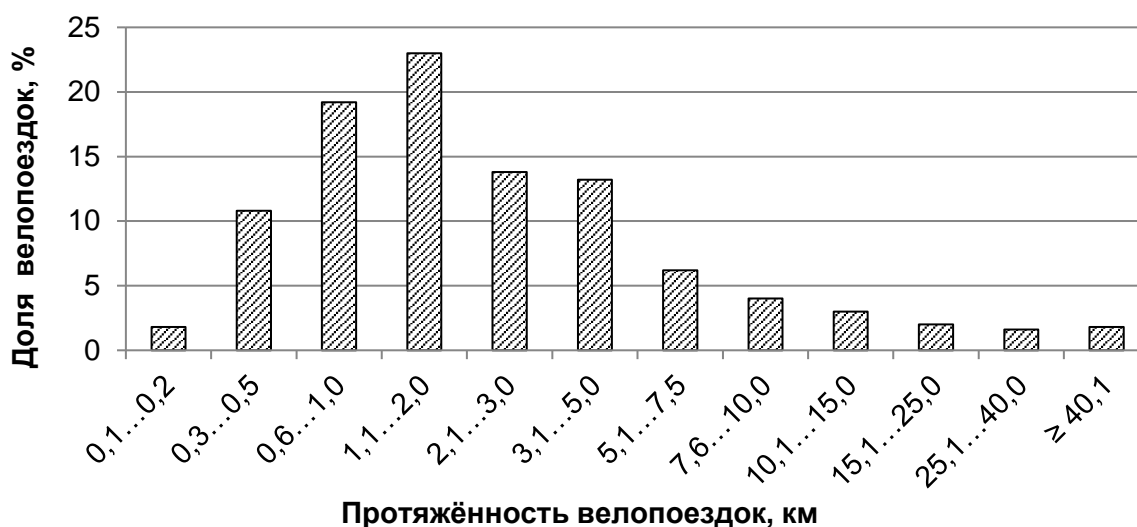


Рис. 1.3. Распределение велосипедных поездок по протяжённости в Бельгии

Более 80% велосипедных поездок совершаются на расстояния, не превышающие 5 км. Около 30% автомобильных поездок в Германии совершается на расстояние не более 15 км, что вполне по силам среднему велосипедисту на электровелосипеде, а при интермодальной комбинации с другими видами транспорта и более длинные дистанции можно будет преодолевать с использованием велосипеда.

По расчётам Института транспортной и градостроительной политики (США) и Калифорнийского университета, при грамотно построенной политике в области велосипедного транспорта общемировая доля велосипедного движения может к 2050 г. составить 14% (от 25% в странах с развитым велосипедным движением до 7% в США и Канаде). Средняя ежедневная протяжённость велопоездки, приходящаяся на одного велосипедиста разного возраста, приведена на рис. 1.4.

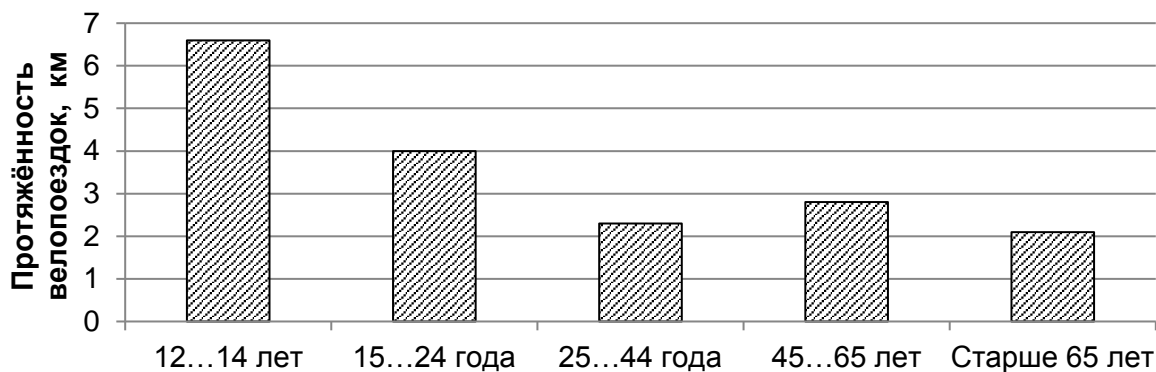


Рис. 1.4. Средняя ежедневная протяжённость велопоездки, приходящаяся на одного велосипедиста разного возраста

Процесс деавтомобилизации в странах ЕС в наибольшей мере захватывает возраст от 18 до 24 лет. Так, в Брюсселе количество выдаваемых ежегодно водительских удостоверений сократилось за последние 5 лет в целом на 24%, а среди молодежи 18...24 лет – почти на 50%.

В связи с тем, что популярность велосипедного движения среди молодых европейцев (15...24 года) почти в 2 раза выше, чем среди представителей старших возрастов (55+) – 64% против 37% соответственно, вполне объясним рост популярности электровелосипедов, особенно среди старших возрастных категорий населения. При относительной стабильности объёмов продаж велосипедов в ЕС доля реализации электровелосипедов растёт на 15% ежегодно. В 2018 г. в мире было продано 52 млн электровелосипедов; из них в Западной Европе – 31 млн, в Восточной Европе – 2 млн, на Ближнем Востоке – 4 млн, в Северной Америке – 7 млн, в Латинской Америке – 6 млн, в Африке – 2 млн, в Азиатско-тихоокеанском регионе – 44 млн [4]. Но

этот рост сопровождается и ростом дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с фатальным исходом [5].

Желаемые изменения (на рис. 1.5 показаны стрелками) в модальном распределении поездок различной протяжённости возможны, в частности, при стимулировании развития средств индивидуальной мобильности и ВТС соответствующих «нишевых» групп.

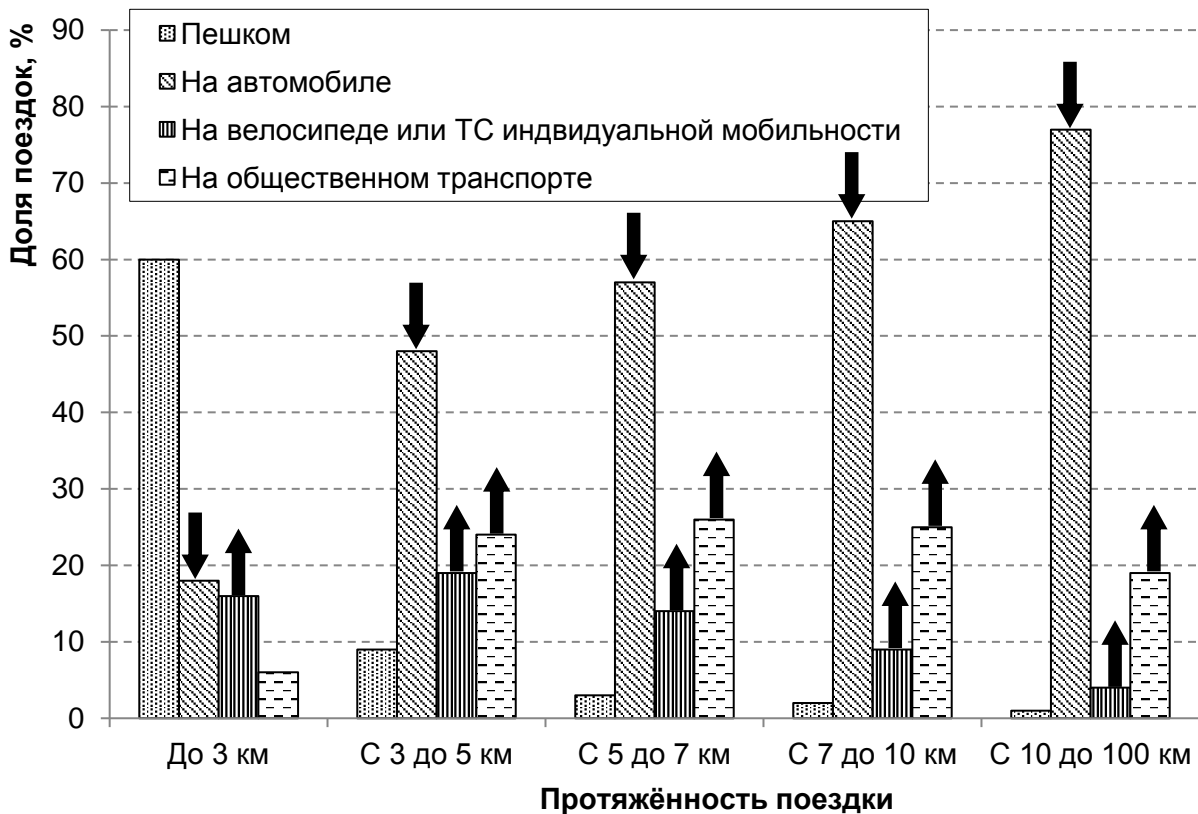


Рис. 1.5. Модальное распределение поездок в зависимости от их протяжённости в Германии

Так, для желаемых изменений в нише поездок протяжённостью до 3 км следует развивать использование малых средств индивидуальной мобильности (самокатов, гироскутеров, сегвеев и т.п.) [6]. Для желаемых изменений в нише поездок протяжённостью от 3 до 7 км следует развивать использование велосипедов и электровелосипедов. Для ниши более протяжённых поездок предпочтительными следует признать электромопеды, электровеломобили и т.п.

1.2. Системы организации велосипедного движения

Важным условием развития велосипедного движения являются способы организации этого вида деятельности по типу собственности. Поездки совершаются на ВТС индивидуального или совместного (коллективного) пользования, доля которых постоянно возрастает.

Велошеринг (от англ. sharing – совместное использование какого-либо ресурса) – услуга по предоставлению доступа к системе коллективного пользования парком унифицированных ВТС и сетью специализированных велопарковок.

В последние годы многочисленные и разнообразные системы велошеринга были реализованы в европейских городах [7]. Основным толчком к развитию стал запуск двух больших схем в 2007 г.: Bicing в Барселоне и Vélib в Париже. Системы велошеринга в мире по состоянию на июль 2019 г.: 1993 системы, 15 284 850 велосипедов, в том числе и в Москве.

Системы велошеринга наиболее эффективны в тех городах, где ещё нет высокого уровня велосипедизации населения. Это очень важный вывод, позволяющий рассматривать велошеринг как наиболее привлекательную стратегию развития велосипедного движения в городах России. Формы доступа к системе велошеринга разнообразны и зависят от размера системы, имеющегося финансирования и используемой технологии. Большинство схем в Европе работает по картам доступа (рис. 1.6).

Системы велошеринга являются не только гибким дополнением к общественному транспорту, но и его альтернативой: сети велошеринга могут быть реализованы в районах, где общественный транспорт недостаточно доступен или переполнен. Системы велошеринга, которые интегрированы в системы общественного транспорта, делают всю транспортную систему более удобной и, следовательно, более привлекательной для пользователей.

Многие операторы разрабатывают собственные конструкции деталей велосипеда, чтобы уменьшить случаи воровства. Велосипеды в рамках одной схемы, как правило, одного и того же цвета,

имеют одинаковые контуры и узнаваемы, даже если их украсть и перекрасить.

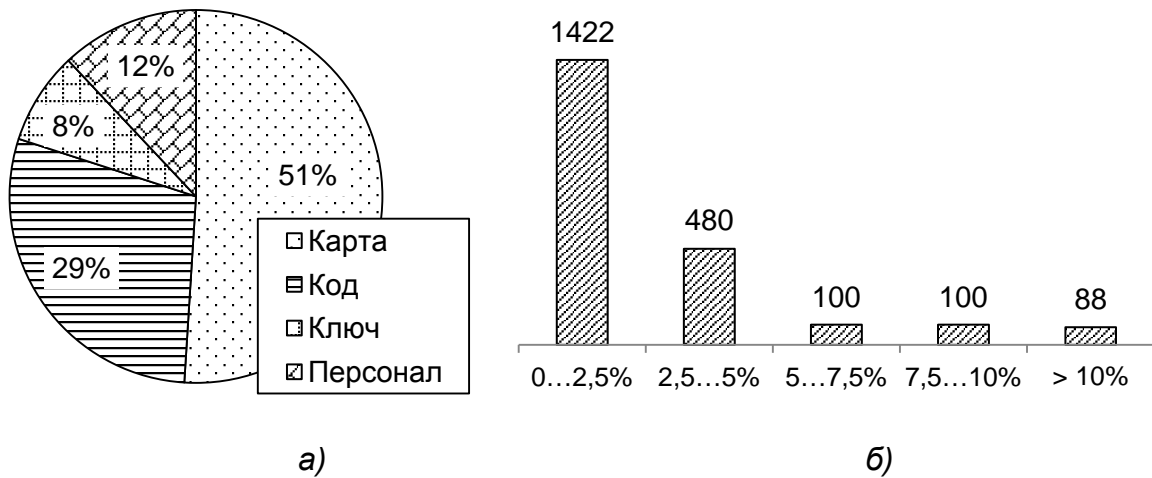


Рис. 1.6. а) Формы доступа к системам велшеринга в Европе; б) среднегодовое количество актов аренды одного «коллективного» велосипеда в зависимости от существующей доли велосипедного транспорта в перевозках пассажиров

Интеграция с общественным транспортом происходит на трёх уровнях: информационной интеграции (планирование интермодальных маршрутов, фактической интеграции (велопарковочные станции совмещены с остановками общественного транспорта) и финансовой (тарифной) интеграции (оплата услуг одной картой, скидки, льготное время).

Велопарковочные станции являются основной чертой большинства систем велшеринга и отличаются используемыми технологиями. Наиболее распространенный тип станций в крупных городах – это высокотехнологичные станции. Аппаратное и программное обеспечение парковочных станций выполняет следующие функции:

- системные – мониторинг состояния станции, планирование сервисных перемещений велосипедов для обеспечения их равномерного распределения по сети станций (редистрибуция), обработка информации о поломках велосипедов;

- интерфейсные – регистрация пользователя, осуществление процедуры аренды, обеспечение пользователей необходимой ин-

формацией, обработка данных пользователя, осуществление процедуры электронных платежей.

Размер сети и плотность размещения велопарковочных станций определяются размером города, финансированием и целями создания системы. Большинство городских схем охватывают только центральные районы плотной городской застройки. Размещение велопарковочных станций через каждые 300 м предоставляет пользователю достаточно возможностей, чтобы перемещаться в системе.

Серьёзные изменения происходят в системе велопроката: помимо ежегодного двузначного процентного роста сейчас во многих странах ЕС отрабатываются его упрощённые схемы без парковочных станций и кодовых замков. С помощью мобильного приложения можно точно установить местоположение ближайшего прокатного велосипеда.

Системы велошеринга могут внести существенный вклад в образ экологически устойчивого и современного города. Для крупных мегаполисов, таких как Париж, Барселона и Лондон в последнее время реализация систем велошеринга является одним из основных факторов создания образа на национальном и международном уровнях. Освещение в СМИ реализации схемы приводит к осведомленности о самих городах, а сама система велошеринга вызывает необходимые изменения в городской мобильности. Однако у систем велошеринга есть и недостатки. Это большая вариативность затрат в инфраструктуру и эксплуатационное обслуживание велосипедов, их перераспределение по территории. Привязка парковки велосипедов к местам расположения терминалов является «узким местом» систем велошеринга, так как необходимо обеспечить:

- электропитание оборудования терминалов;
- надёжную работу программного обеспечения терминалов;
- перераспределение велосипедов между терминалами таким образом, чтобы на них были как свободные велосипеды, так и свободные парковочные места;
- сохранность терминалов, велосипедов;

– места для размещения терминалов, высокую плотность их расположения.

Большинство из перечисленных проблем остаётся и в случае отсутствия привязки парковки велосипедов к местам расположения терминалов велошеринга. Но все они успешно решаются.

1.3. Преимущества и недостатки велосипедного транспорта

1.3.1. Качество общественного пространства населённых пунктов

Велосипед и его аналоги (колёсные ТС), которые человек может перемещать руками, доступны для всех групп населения. Они дают им возможность сбалансированного и благоприятного в социальном отношении участия в дорожном движении. Развитие велосипедного транспорта создаёт предпосылки для сокращения потребностей в движении личного автотранспорта, создающего многочисленные проблемы жителям. За счёт сокращения автомобильного транспорта города могут предоставить территорию улиц для использования в других целях, например, для детских игр или для перепланировки. Для соответствующих местностей это означает существенное повышение ценности в градостроительном отношении, что, как правило, влечёт за собой дополнительные частные инвестиции для модернизации и обновления жилого фонда. Риэлторы отмечают, что увеличение свободы выбора при удовлетворении транспортных нужд повышает стоимость недвижимости. Исследование, проведённое вблизи велодороги «Monon Trail» в Индианаполисе (США), продемонстрировало увеличение стоимости недвижимости на 22% с каждой милей приближения к велодороге. В 2008 г. Национальная ассоциация риэлторов США (NAR) опубликовала результаты исследований, согласно которым близость ВТИ к объектам недвижимости увеличивает их рыночную стоимость на 11%.

Несмотря на достигнутые успехи, в Германии признают, что

структура населённых пунктов в районах с высокой плотностью населения развивалась неблагоприятно для велосипедного транспорта. Для решения этой проблемы в центр градостроительной политики ставится выработанная в 90-е годы при участии федеральных земель территориально-политическая модель «Город коротких путей». Компактные градостроительные структуры со смешанным использованием различных видов транспорта зарекомендовали себя в качестве удобной среды для использования велосипедов.

Велосипедное движение позитивно влияет на качество общественного пространства населённых пунктов, так как повышает жизнеспособность транспортной системы в условиях сбоев в работе систем энергообеспечения или нарушения поставок энергоресурсов.

Также велосипедное движение увеличивает доступность городской территории для всех групп населения, в том числе наиболее уязвимых (обеспечение мобильности лиц пожилого возраста, лиц с ограниченными физическими возможностями, детей).

Самостоятельный путь в школу способствует развитию у ребенка независимости и способности ориентироваться, поддерживая, таким образом достижение важных образовательных целей. Если дети ездят в школу на велосипеде, родителям не приходится совершать лишних поездок на автомашине.

1.3.2. Использование территории и загрязнение воздуха

Движущийся велосипедист занимает в 7...10 раз меньше городской территории, чем легковой автомобиль. Велосипед при хранении требует в 8...50 раз меньше места, чем легковой автомобиль.

В городах, где скорости велосипедных и автомобильных потоков сопоставимы, велополосы обеспечивают от 7 до 12 раз бóльшую пропускную способность пассажиропотоков, чем полосы для движения личного автотранспорта. Велосипедный транспорт по сравнению с личными автомобилями существенно более эффективен по использованию территории (рис. 1.7) [8].

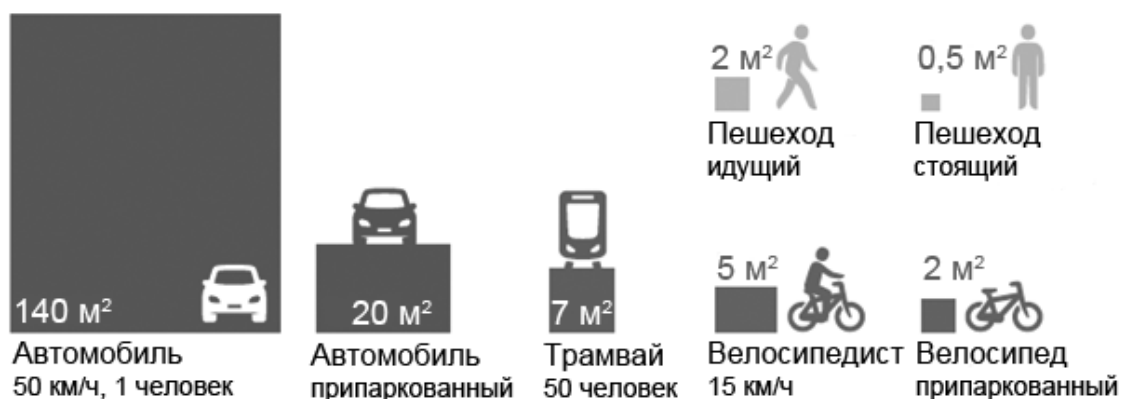


Рис. 1.7. Ориентировочные значения использования городской территории различными видами транспорта

Проезжая примерно 7 км на велосипеде, а не на автомобиле, каждый может предотвратить выброс в атмосферу примерно 1 кг CO₂, 1,5 г NO_x и 70 мг дисперсных частиц. Организация велосипедного движения также способствует уменьшению транспортного шума. Велосипедный транспорт по сравнению с личными автомобилями оказывает существенно меньшее негативное воздействие на окружающую среду (табл. 1.1, рис. 1.8, 1.9) [8].

Таблица 1.1

Сравнение некоторых видов транспорта
по негативным воздействиям на окружающую среду

Показатель	Автомобиль ЕВРО-0, %	Автомобиль ЕВРО-3, %	Автобус ЕВРО-3, %	Велоси- пед, %	Само- лёт, %	По- езд, %
Изъятие территории	100	100	10	8	1	6
Затраты энергии	100	100	30	0	405	34
Выбросы CO ₂	100	100	29	0	420	30
Выбросы NO _x	100	15	9	0	290	4
Выбросы СН	100	15	8	0	140	2
Выбросы СО	100	15	2	0	93	1
Риск ДТП	100	100	9	2	12	3

1.3.3. Состояние здоровья населения

Исследования Нидерландского института анализа транспортной политики показывают, что использование велосипеда для ежедневных поездок снижает риск различных заболеваний физического и психологического характера [9]. Установлена довольно тесная отрицательная корреляция велосипедного движения и уровня

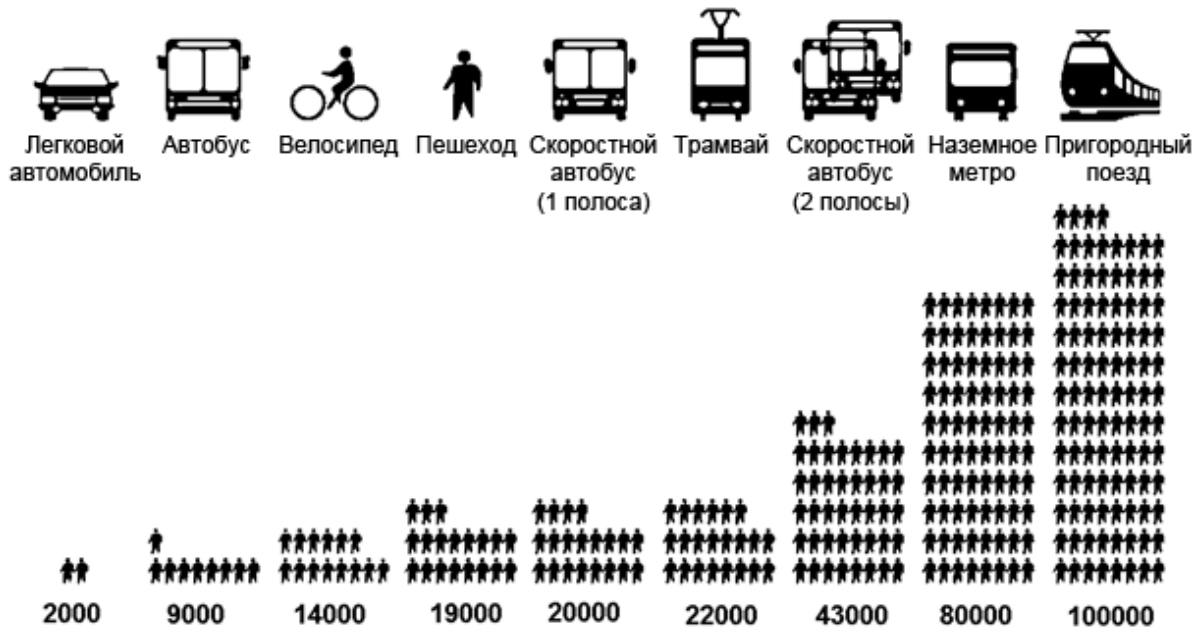


Рис. 1.8. Потенциал (пасс./ч) пропускной способности 3,5-метровой полосы проезжей части при 100%-ном заполнении ТС

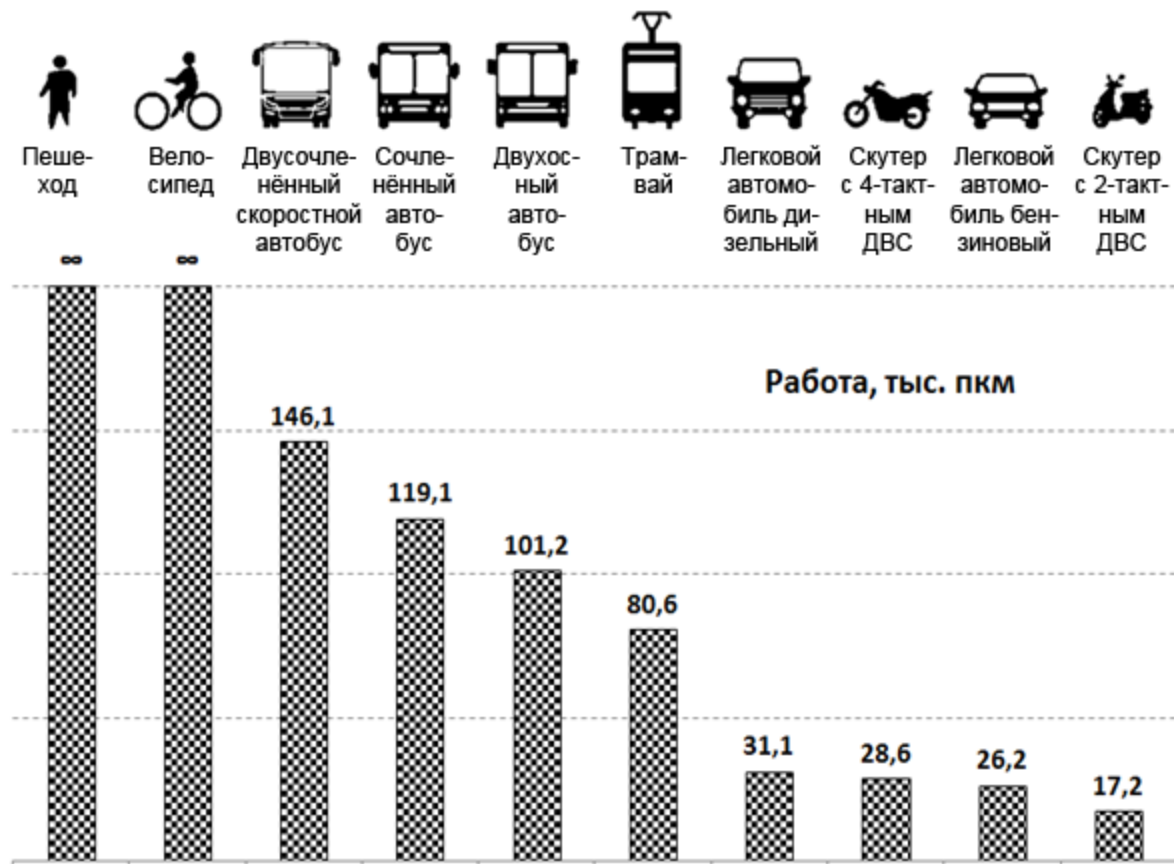


Рис. 1.9. Транспортная работа, приходящаяся на выброс 1 т CO₂ при 100%-ном заполнении ТС

заболеваемости диабетом ($R^2 = 0,7$), ожирением ($R^2 = 0,55$), гипертонией ($R^2 = 0,54$). Регулярные велопоездки снижают риск преждевременной смерти на 41%, риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний – на 52%, риск смерти от онкологических заболеваний – на 40% и продлевают жизнь примерно на 3...14 месяцев.

Отношение пользы велопешеходного движения для укрепления здоровья к ущербу, связанному с риском ДТП и нахождением в зонах с повышенным уровнем шума и загрязнения воздуха, составляет 77:1.

Регулярные велопоездки заменяют еженедельные занятия в фитнес-центрах и эффективно борются с депрессией. Велопоездки укрепляют позитивное мышление. 2/3 жителей старше 18 лет ассоциируют езду на велосипеде с удовольствием. Люди, добирающиеся на работу пешком или на велосипеде, чувствуют себя более удовлетворёнными, расслабленными, свободными, менее застрессованными, чем те, кто добирается на работу на автомобиле.

Благодаря физической зарядке те, кто регулярно ездят на велосипеде на работу, обладают на 1/3 более высокой производительностью умственного и физического труда.

1.3.4. Безопасность дорожного движения

Использование велосипеда тесно связано с безопасностью. Даже в странах с велосипедными традициями ухудшение безопасности движения, связанное с бурной автомобилизацией середины XX века, привело к сокращению использования велосипедов для повседневных поездок (рис. 1.10) [10]. Потребовалось радикальное изменение градостроительной и транспортной политики, чтобы переломить ситуацию.

Безопасность движения велосипедистов напрямую коррелирует с уровнем развития ВТИ, что наглядно показано в статистике Европейской ассоциации велосипедистов [11] (см. рис. 1.11).

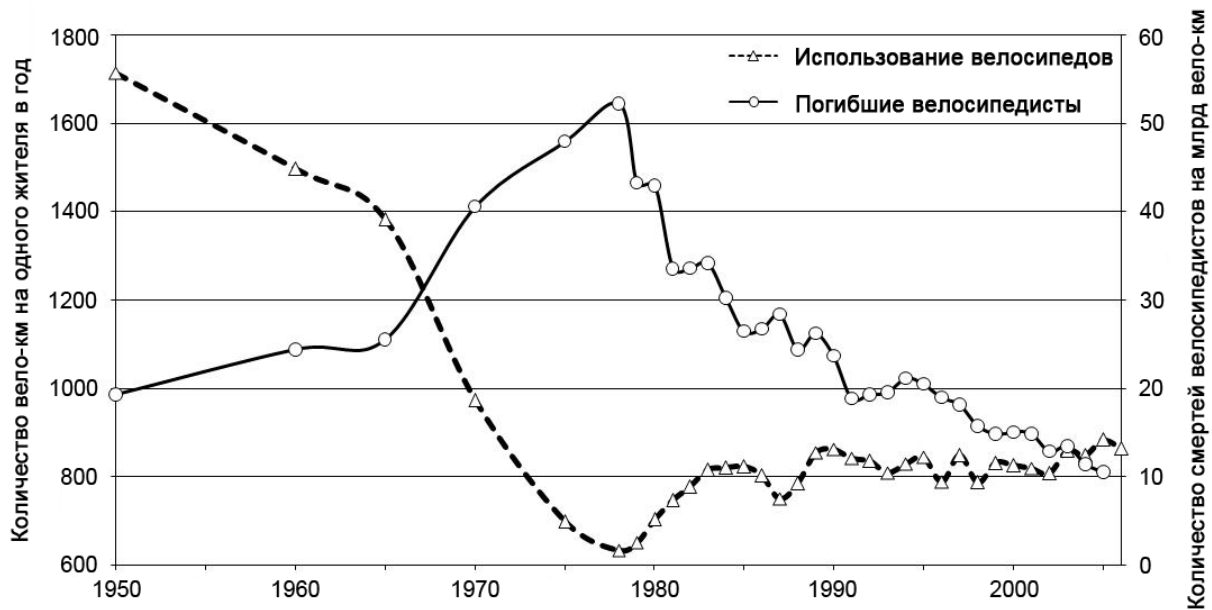


Рис. 1.10. Связь показателей использования велосипедов и безопасности дорожного движения в Нидерландах

Наиболее значимые результаты были достигнуты в тех городах, где за созданием ВТИ последовало:

- обучение и воспитание как автомобилистов, так и прочих участников дорожного движения;
- информационная и рекламная кампании;
- тщательная пространственная планировка.

За период с 2005 по 2015 гг. число велосипедистов, погибающих ежегодно на дорогах ЕС, сократилось с 3044 до 2112 человек, то есть на 30%, а число погибающих в автомобилях – на 40%. В автомобилях теперь используются и ремни, и подушки безопасности, а сам кузов автомобиля стал более ударопоглощающим. Для обеспечения адекватной защиты велосипедиста Стратегия велосипедного движения-2030 предусматривает оборудование носовой части автомобилей мягкой защитой, а ветровые стекла – скрытыми подушками безопасности. Колёса грузовиков должны быть закрыты сбоку, чтобы избежать прямого соприкосновения с велосипедистом. Кроме того, все автомобили должны быть оборудованы интеллектуальной системой автономного экстренного торможения в случае обнаружения велосипедиста в опасной зоне.

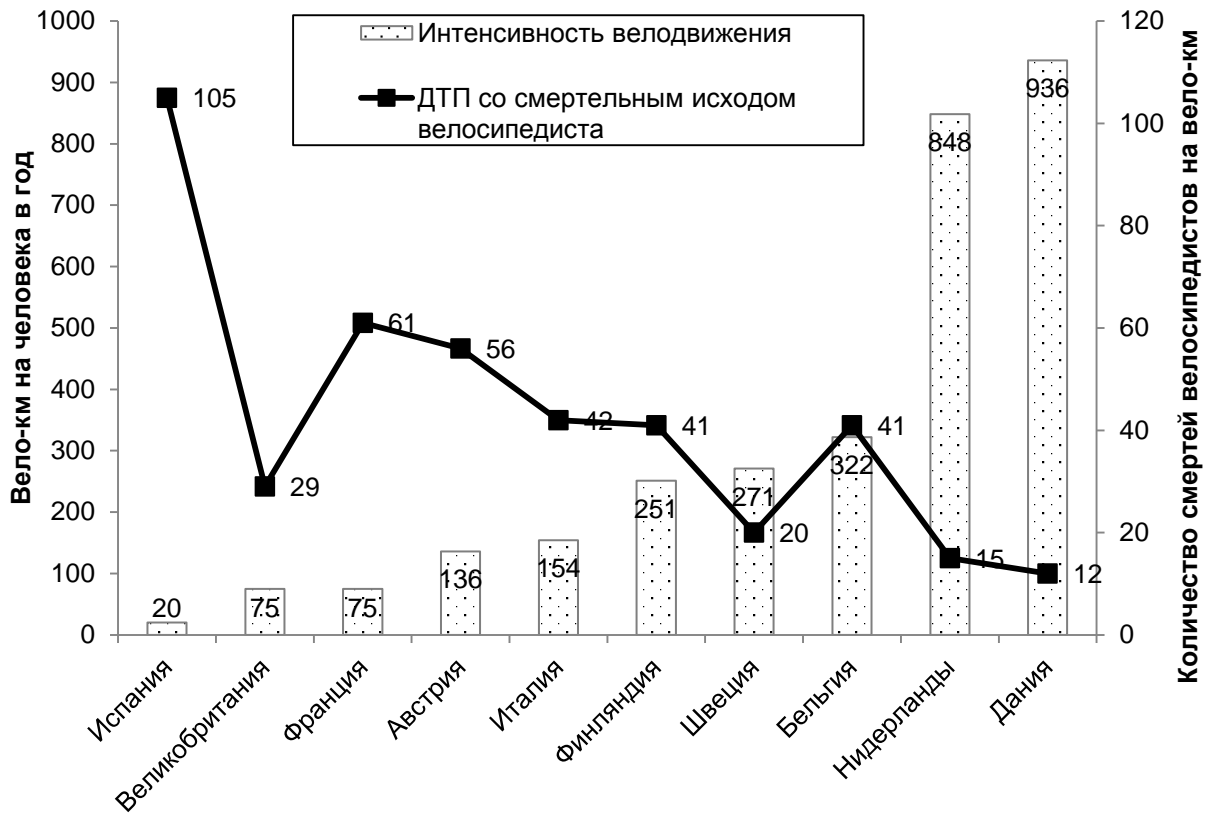


Рис. 1.11. Зависимость количества тяжелых ДТП с участием велосипедистов от уровня развития велосипедного движения

Решающими факторами обеспечения безопасности движения являются поведение самого велосипедиста, инфраструктура и технологические особенности как велосипеда, так и моторизованных ТС. Важную роль играет также вопрос субъективной оценки своей собственной безопасности на велосипеде: если она низкая, то и велосипед будет меньше использоваться. Дополнительную озабоченность вызывает тот факт, что всё меньше велосипедистов чувствуют себя безопасно на дороге.

Главными группами риска являются дети после 10 лет и граждане преклонного возраста. Более 50% всех ДТП с велосипедистами со смертельным исходом приходится на велосипедистов старше 65 лет. $\frac{2}{3}$ всех ДТП с велосипедистами происходят на различных перекрестках. Основные факторы обеспечения безопасности велосипедистов:

1. Ключевым фактором безопасности велосипедиста является уровень его велокультуры. Вместо того, чтобы рассматривать

друг друга в качестве соперников, участники дорожного движения должны проявлять постоянную заботу и уважение по отношению друг к другу, как и записано в германских ПДД.

2. Другим важнейшим условием обеспечения безопасности является хорошее знание и неукоснительное соблюдение ПДД всеми участниками дорожного движения, в том числе и велосипедистами. Без выполнения этих требований невозможно обеспечить безопасность дорожного движения (БДД).

3. Важной причиной ДТП с участием велосипедистов является езда в состоянии алкогольного опьянения. И хотя пока нет острой необходимости уменьшать лимит алкоголя в крови велосипедиста, установленный законом, тем не менее, необходимо постоянно проводить разъяснительную и воспитательную работу с велосипедистами.

4. Недостатки в организации ВТИ часто провоцируют велосипедистов на нарушение ПДД и резко повышает риск ДТП.

5. Ношение велошлема не устраняет вероятности ДТП, но резко снижает риск получения серьезной травмы головы.

1.3.5. Развитие экономической активности на территории

Экономическое значение велосипеда как ТС связано со сбытом, торговлей, ремонтом, техническим обслуживанием и дает импульсы для развития многих сфер услуг. Хотя потребность в специфических работах по ремонту и обслуживанию велосипеда ниже, чем аналогичная потребность других ТС, тем не менее, увеличение использования этого ТС создает новые поля спроса, которые для Германии, по оценкам, составляют €2,5 миллиарда в год.

Покупательские качества велосипедистов часто недооценивают, так как за одно посещение магазина велосипедисты обычно тратят несколько меньше денег, чем покупатели, приезжающие на автомобилях. Но если учитывать, что велосипедисты приезжают чаще и предпочитают магазины в ближайшей округе, можно увидеть, что именно они представляют собой выгодную для местной торговли

группу покупателей, которую предприятия розничной торговли могут удержать посредством предложения различных услуг.

В ЕЭК ООН около 700 тысяч рабочих мест связаны с ВТС. Около 80% этих рабочих мест относятся к сфере велотуризма. Велотурист в среднем тратит в 3...4 раза больше денег в том регионе, где проходит его туристический маршрут, чем автотурист. Доказано, что значимые в туристическом отношении велодороги дальнего следования существенно способствуют увеличению региональных доходов и занятости населения.

У поставщиков услуг появляются расширенные возможности проката велосипедов, в особенности, в таких стратегических пунктах, как вокзалы и туристические центры. Следующий сегмент рынка заняли службы велокурьеров. Спектр предложений охватывает курьерские услуги, выемку почты из почтовых ящиков, межрегиональные перевозки и перевозки для больниц. Решающими доводами в пользу велокурьеров, с точки зрения пользователей, являются быстрота, надёжность и гибкость реакции на пожелания потребителей. Например, в Германии насчитывается более 150 велокурьерских служб. При том, что некоторые велокурьерские службы достигают оборота в миллионы евро, большинство предприятий такого рода являются малыми и карликовыми.

Наряду с использованием велосипедов для перемещения людей набирает популярность использование велосипедов для перевозки грузов и организации велологистических цепочек. С 2011 по 2014 гг. в 12 странах Евросоюза действовал пилотный проект «CYCLELOGISTICS», направленный на замену перевозки грузов в городах с автомобильного транспорта на велосипеды [12].

В мире существует множество примеров организации велологистических цепочек. Популярностью пользуются, например, сервисы по доставке еды, цветов, почты, малогабаритных грузов, обслуживанию систем велошеринга, организации велотакси, передвижных постов экомониторинга, уличной торговли и т.п. Грузовыми велосипедами пользуются курьеры, мойщики окон и сотрудники клининговых

служб, сантехники, специалисты по уходу за зелёными насаждениями и уличной фурнитурой, медицинские работники и многие другие [13, 14].

Доставка грузов с помощью велосипедов может и должна играть большую роль в логистической сети городов. Грузовые велосипеды могут доставлять груз в районы города, к которым грузовики не имеют доступа по экологическим соображениям, и доставка может осуществляться быстрее, поскольку велосипеды могут сокращать путь и объезжать заторы. Велосипед – очень дешёвое ТС, поэтому с экономической точки зрения грузовые велосипеды конкурентоспособны по сравнению с грузовиками.

Чрезвычайно высокая эффективность вложений в развитие велосипедного движения подтверждается десятками исследований, проводимых в различных странах ЕС, и составляет в среднем 1:10. Это связано с куммулятивностью социально-экономического эффекта финансовых вложений в велосипедный транспорт: физическое, умственное и психическое оздоровление населения и повышение производительности труда, улучшение состояния окружающей среды, снижение расхода топлива и расходов на развитие и эксплуатацию транспортной инфраструктуры, снижение потерь от транспортных заторов, рост привлекательности недвижимости в районах с развитым велодвижением и увеличением доходов бизнеса на «велодружественных» городских территориях, в том числе от развития внутреннего и въездного велотуризма.

1.3.6. Развитие экологической культуры и туризма

Велосипедное движение стимулирует социальное взаимодействие, гораздо более позитивное, чем поездки (и парковки!) на автомобилях. Велосипед подчёркивает чувство равенства и справедливости, единения и взаимопомощи, в то время как автомобиль «выпячивает» эгоизм, обособленность, неравенство, бытовой шовинизм. Опыт многих стран свидетельствует, что культуру и поведение людей

можно изменить, хотя подобные изменения часто происходят в течение длительных периодов времени. Для изменения транспортного поведения населения в желаемом направлении необходимо:

- убеждать лиц, принимающих решения, поддерживать развитие велосипедного транспорта;
- стимулировать людей больше пользоваться велосипедом;
- совершенствовать взаимодействие между участниками дорожного движения для повышения безопасности велосипедистов.

Доступные для туристов системы велошеринга могут стать катализатором для знакомства с городом на велосипеде. Кроме городской и междугородной велосети в Европе также развиваются межгосударственные велосипедные сети. Проект «Евро-Вело» (*EuroVelo*) [15], инициированный Европейской ассоциацией велосипедистов, предусматривает создание панъевропейской велосипедной сети высокого качества, состоящей из 16 разработанных международных маршрутов, которые охватывают около 80500 км. Сеть строится на существующих и планируемых велосипедных маршрутах регионального и национального уровней. Строительство новых участков осуществляется с использованием руководств по дизайну ВТИ, которые разработаны в разных странах ЕС.

Сеть туристических веломаршрутов «Евровело» будет способствовать популяризации международного велотуризма, развитию гостинично-рекреационного бизнеса, культурно-исторических комплексов и природных заповедников, местного велосервиса и народных промыслов, обслуживающих потребности велотуристов.

1.4. Уровень развития велосипедного движения за рубежом

Нидерланды

Например, в провинции Антверпен (Нидерланды) используется так называемый «велобарометр», который учитывает показатели безопасности, комфорта, удобства ВТИ, особенно при пересечении межрегиональных границ внутри провинции. Такую информацию предоставляют общественные велоорганизации и заинтересованные

лица, и она служит улучшению взаимодействия между органами власти и управления данных регионов как внутри провинции, так и на межпровинциальном уровне.

Отслеживаются следующие показатели: диагностика состояния связующей ВТИ, совместный учёт объёма и модальной доли велосипедного движения, статистика и структура ДТП с участием велосипедистов, положительный и отрицательный персональный опыт велосипедистов. Кроме того, для городских поселений актуальным является показатель доли велоулиц с «успокоением» движения до 30 и даже 25 км/ч в общей протяжённости УДС, поскольку «успокоение» движения формирует безопасную транспортную среду и является одним из главных стимулов для развития велосипедного движения.

С другой стороны, повсеместное использование мобильных приложений GPS у велосипедистов позволило получить полную информацию о количестве, протяжённости, дальности, маршрутах и времени велопоездки, с учётом потерь времени на перекрёстках и при заторах. Кроме того, с учётом персональной идентификации участников велосипедного движения удалось выяснить их гендерную, возрастную, социальную структуру. Сейчас эта система учёта и анализа работает в 52 городах 22 стран ЕС, но к 2030 году она будет иметь не только общеевропейский, но и глобальный охват.

Аналогичным образом формируется национальная «климатическая карта» – экологическая карта, которая показывает степень предотвращения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ (ЗВ) велосипедистами в разных районах страны, в том числе и в расчёте на душу населения в зависимости от велопассажиропотока.

Однако такой информационный краудсорсинг тем точнее, чем большая доля велосипедистов в нём задействована. Некоторые члены велообщества считают такой трековый непрерывный мониторинг вторжением в их личное пространство. Важно убедить людей, что эта информация – их личный ценный вклад в развитие комфортной и безопасной велотранспортной среды не только для них, но и

для их родных и близких.

Амстердам – город велоулиц и велоскверов, велосупермаркетов и велорынков, велотоннелей, веломостов и велоэстакад. Городская ВТИ теперь плавно переходит в загородную, привлекая в выходные дни десятки тысяч велоотдыхающих на природу. По всему городу ведётся сейчас строительство подземных охраняемых многоуровневых автоматических велостоянок. Рассматриваются проекты подводных велопарковок и даже плавучих велодоков.

Плотность велосипедного движения в Амстердаме очень высока, на светофорах все чаще возникают велопробки. Один перекрёсток пересекают почти 19000 велосипедистов в час. Заторов и столкновений не возникает только благодаря умеренному скоростному режиму велосипедного движения (15...20 км/ч) и очень высокому профессионализму веловождения по узким, переполненным улицам. В будущем все велосипеды будут чипированы для контроля времени парковки в центре Амстердама. Это будет стимулировать жителей города обдумывать и минимизировать своё транспортное поведение. При этом большие расстояния на велосипеде можно преодолевать и в интермодальном режиме, по мере создания благоприятных условий для перевозки велосипеда в общественном транспорте.

Дания

Особенности организации велосипедного движения в Дании:

- сочетание продуманной планировочной урбанистической политики по равномерному размещению мест проживания, совершения покупок, работы, учёбы и отдыха;
- создание всеохватывающей многоуровневой велотранспортной сети (для «быстрых» и «спокойных» велосипедистов);
- ограничение и «успокоение» до 30 км/ч автомобильного движения и использование технологии «зелёной волны» в организации работы велосветофоров, что даёт рост средней скорости велосипедного движения с 15 до 20 км/ч;
- организация удобных, закрытых, охраняемых велопарковок рядом с местами проживания и со всеми центрами транспортного

притяжения;

- наличие условий для велосипедистов на работе (парковка, душ, шкафчики для одежды, стимулы со стороны работодателя и т.д.);

- преимущества в ПДД: возможность езды по тротуарам и пешеходным переходам, не создавая помех движению пешеходов, разрешённый правый поворот для велосипедистов при запрещающем сигнале светофора, возможность пересечения перекрёстков в любом направлении вместе с пешеходами, когда всем остальным участникам дорожного движения горит красный сигнал светофора во всех направлениях, или возможность проезда над ними по специальной велорампе;

- разветвлённая и продуманная система городского велопроката, в том числе и электровелосипедов;

- активное продвижение велокультуры в детских садах и школах, в СМИ и через различные массовые кампании велообщественности, дорожной полиции и муниципальных властей, что даёт прекрасные результаты по созданию велогородов – городов устойчивого экологического и социально-экономического развития.

Германия

В настоящее время в Германии насчитывается около 70 млн велосипедов, то есть более 80% домохозяйств имеют велосипед, а 25% домохозяйств имеют три велосипеда и более [16]. Двадцать лет назад только 70% домохозяйств имели велосипеды. Сегодня предлагаются велосипеды, отвечающие практически всем транспортным потребностям населения. Для тех, кто не имеет своего велосипеда, велопрокат является доступной альтернативой.

По степени развития велосипедного движения города и регионы разделяются на следующие категории:

1. «Начинающие», то есть имеющие модальную долю ВТС не более 10% и ВТИ начального уровня.

2. «Развивающиеся», то есть те, где доля велопоездки находится между 10% и 25% и быстро растёт, а ВТИ хорошо развита, но

не является всеохватывающей.

3. «Чемпионы», то есть те, где модальная доля превысила 25% и продолжает умеренно расти, а ВТИ приобрела всеохватывающий и комплексный характер.

Независимо от степени развития велосипедного движения и, наоборот, с целью его стимулирования целесообразно обеспечить следующие сервисы:

- мобильные навигационные метеорологические приложения, точно показывающие карту и время выпадения осадков для выбранного маршрута;
- системы комплексных сделок по аренде велосипедов для крупных компаний и для гостиничного сектора;
- системы велосервиса, включая мобильные ремонтные мастерские, веломойки, станции подкачки и ремонта шин и автоматы по продаже велокамер;
- системы доставки громоздкого багажа и камеры хранения для его вывоза партиями на велосипеде;
- система информационных велознаков, велоукрытия и велобоксы не только в районах массового велотуризма, но и в районах массовой жилой застройки;
- зарядные станции для электровелосипедов с целью популяризации использования последних;
- возможности удобной перевозки велосипедов в различных видах транспорта в интермодальном режиме;
- постоянно действующие интернет- и телефонные «горячие линии» для сообщения о всех проблемах в системе ВТИ для оперативного реагирования соответствующих служб и активного и деятельного вовлечения велосипедистов в жизнь местного велосообщества;
- всеохватывающая стандартизированная система велознаков для безопасности и удобства велосипедного движения;
- многоцелевые охраняемые закрытые от непогоды велопар-

кинги у мест транспортного притяжения в комплексе со станциями велосервиса.

1.5. Требования к велосипедному транспорту

Как показывает опыт других стран, велосипедный транспорт может стать массовым при условии, если ВТИ является настолько привлекательной, чтобы велосипедисты смогли уверенно, удобно и быстро добираться до своих целей и в обществе сформировалось позитивное отношение к езде на велосипеде, а также при гармоничном вписывании ВТИ в городское пространство.

Велотранспортная система города должна соответствовать следующим требованиям:

1. Безопасность:
 - минимальный риск ранения или травмы;
 - чувство безопасности;
 - достаточное транспортное пространство.
2. Надёжность:
 - возможность использования при неблагоприятных погодноклиматических явлениях;
 - вандалоустойчивость.
3. Последовательность:
 - единая система, связывающая основные места начала поездок и места назначения;
 - непрерывность и однородность по качеству передвижения;
 - наличие информационных указателей и вариантов маршрута.
4. Прямота:
 - прямые, основанные на корреспонденциях маршруты;
 - малая задержка на пересечениях;
 - максимально допустимая скорость движения.
5. Привлекательность:
 - наличие освещения;
 - эстетика и интеграция с уличным пространством;

- доступ к объектам сервиса;
- близость к природной среде;
- оздоровление при движении.

6. Комфорт:

- шероховатое покрытие;
- минимальные уклоны;
- исключение сложных манёвров;
- минимизация потребности спешиваться и помех от ТС;
- защита от неблагоприятных погодно-климатических явлений.

7. Экологичность:

- минимальная площадь землеотвода под инфраструктуру;
- минимальные выбросы ЗВ, уровень шума;
- минимальное потребление невозобновляемых энергоресурсов.

Выполнение указанных требований зависит, прежде всего, от качества ВТИ, которая должна проектироваться с использованием наиболее эффективных для конкретных городов архитектурно-планировочных и инженерно-технических решений, а также действующих нормативных документов [17, 18].

Однако, как показывает опыт, одного этого недостаточно для эффективного использования потенциала велосипедного транспорта и выполнения указанных выше требований. Другими важными элементами целостной системы «Велосипедный транспорт» являются сфера велосипедного сервиса и услуг, а также его вписываемость в городскую информационно-коммуникационную среду и работа с общественностью по изменению мотивации транспортного поведения населения.

При обосновании мероприятий по выполнению указанных требований условно выделяют три уровня развития велосипедного движения: начальный, средний и высокий.

Начальный уровень характеризуется долей велосипедного движения в общем пассажирском трафике, меньшей чем 10%. На данном этапе целью является обеспечение возможности безопасного и удобного велосипедного движения. Меры по созданию базового уровня ВТИ (велополосы и велодорожки, велопарковки и велогаджи, зоны ограничения скоростного режима моторизованного транспорта и т.п.) должны преобладать над мерами стимулирующего характера (рекламные кампании, акции и т.п.). В городах с низкой интенсивностью велосипедного движения политикам бывает трудно принять решение о масштабном инвестировании в ВТИ. Гораздо более привлекательным кажется ограничиться относительно дешёвой пропагандистской кампанией, в которой следует соотносить призывы к людям пользоваться велосипедом с уровнем безопасности и удобства существующей ВТИ.

Средний уровень характеризуется долей велосипедного движения в общем пассажирском трафике, составляющей от 10 до 20%. На данном этапе целью является убеждение возможно большего количества людей пользоваться велосипедом. Приоритет получают такие мероприятия как рекламные кампании, экономические стимулы, школьные акции и т.п. При этом должна продолжаться и работа по совершенствованию инфраструктуры.

Высокий уровень характеризуется долей велосипедного движения в общем пассажирском трафике, большей, чем 20%. На данном этапе целью является сохранение высокого уровня велосипедного движения. Убеждающие меры теряют актуальность, однако поскольку пользователи становятся более требовательными к удобству и безопасности инфраструктуры, требуются усилия по её дальнейшему совершенствованию.

Раздел 2. ОБЪЕКТЫ ВЕЛОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ, ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ И НОРМАТИВЫ

2.1. Принципы проектирования велотранспортной инфраструктуры в городском пространстве

Развитие транспортной системы с учётом новых тенденций внедрения безмоторного малого транспорта предполагает три проектных подхода.

1. *Территориально-планировочный*. Выявление новых возможностей использования городской территории для обеспечения мобильности:

- планировочная реорганизация и реконструкция существующих транспортных коридоров для увеличения их пропускной способности (сокращение или увеличение полос, реконструкция перекрёстков, создание отдельных дорог, разноуровневых пересечений и т.д.);

- поиск возможностей перераспределения пассажиропотоков с использованием внеуличных территорий (озеленённые зоны, полосы отчуждения вдоль железнодорожных путей и т.д.).

2. *Функциональный*. Повышение эффективности поездок:

- дифференцирование потоков по расстоянию, скорости, времени, типу используемого транспорта;

- совмещение / разделение потоков;

- развитие интермодальности;

- реорганизация дорожного движения.

3. *Технологический*. Внедрение новых транспортных решений, ТС и видов транспорта для обслуживания населения.

Как показал выполненный анализ зарубежной практики, планирование велосипедного движения и инфраструктуры осуществляется на нескольких базовых принципах, основанных на концепции системного подхода к БДД [19], который признаёт, что пользователи улично-дорожной, в том числе ВТИ, допускают ошибки, и эти ошибки не должны приводить к смертельному исходу или серьёзной травме. В

этой связи архитектурно-планировочные решения УДС должны уменьшать риски возникновения ДТП с велосипедистами и тяжесть их последствий для участников движения. В числе таких решений наиболее значимыми являются следующие:

- проектирование, строительство и эксплуатация УДС должны осуществляться так, чтобы воздействие на велосипедиста или пешехода при ДТП было меньше уровня, который приводит к фатальным повреждениям человеческого организма или инвалидности;

- меры по успокоению транспортного потока (ТП), снижению скорости движения ТС, создание искусственных препятствий на улицах, дорогах, тротуарах и обочинах для движения ТС.

Главная цель транспортного планирования городского пространства, развития ВТИ [19] состоит в том, чтобы поощрить передвижение на велосипеде как желательную альтернативу поездок на автомобиле и предоставлять возможности для безопасных и удобных поездок на велосипеде.

Одним из основных инструментов достижения указанной цели является разработка и выполнение долгосрочной стратегии развития ВТИ. Стратегия служит основой для развития и координации программ государственного и муниципального управления и должна обеспечивать системность их действий по единым принципам. Она также должна учитывать потребности велосипедистов при любом планировании и проектировании городского пространства, удобного для жизни, включая проекты коммерческих и промышленных зданий, планы девелопмента недвижимости, развития УДС.

Эффективная велотранспортная сеть позволяет велосипедистам широкого диапазона способностей и опыта безопасно и удобно переместиться к местам назначения по велосипедным маршрутам. Для создания такой сети используется УДС и другая транспортная инфраструктура, например, дорожки и тропинки через парки и иные природные территории, пешеходные дорожки, где разрешено движение велосипедистов, другая городская территория.

При планировании велотранспортной сети [19] функции велосипедных маршрутов, включая пересечения, должны соответствовать функциям элементов УДС, по которым проложены велосипедные маршруты. В табл. 2.1 приведены принципы построения иерархии велотранспортной сети.

Таблица 2.1

Принципы построения иерархии велотранспортной сети

Вид велотранспортной сети	Функция сети	Скорость движения велосипедистов, км/ч
Региональная велосипедная сеть	Высококачественные, первоочередные маршруты, обеспечивающие быстрое, беспрепятственное передвижение между частями городов или городских территорий	25...40
Местные велосипедные маршруты	Высококачественные маршруты, связанные с региональными маршрутами. Эти маршруты соединяют местную уличную систему с главными региональными маршрутами	20...30
Смешанные транспортные улицы (доступ к местам назначения)	Низкая скорость, низкая интенсивность движения, обеспечен доступ к жилым зданиям и другим небольшим точкам притяжения велосипедистов	< 20

Для генерирования безопасной и комфортной велосипедной мобильности на этапе планирования и проектирования велотранспортной сети необходимо [19]:

- сформировать региональную сеть велодорог и путей, которая служит для более дальних пригородных и развлекательных поездок;
- сформировать местные (подъездные) сети и веломаршруты для обеспечения доступа на региональную сеть и минимизировать протяжённость местных поездок в торговые, развлекательные центры, до остановок (станций) общественного транспорта;
- строительство участков веломаршрута между местами выезда велосипедистов и пунктами назначения;
- обеспечить удобный доступ в жилые, коммерческие и производственные здания;
- обеспечить возможность проехать с велосипедом на общественном транспорте;
- обеспечить безопасность веломаршрутов в школы;

- обеспечить долгосрочную и краткосрочную парковки велосипедов на автостоянках в основных местах назначения;
- чётко выделить элементы ВТИ на УДС, включая маршруты пригородных поездок;
- использовать соответствующие методы содержания, которые обеспечивают ровность и сцепление покрытий велодорожек;
- принять меры для успокоения ТП на местных улицах;
- определить пути, которые интересны для отдыха в соответствующие интервалы на региональных маршрутах, обеспечить их геометрические параметры;
- обеспечить велотранспортную сеть информационными указателями.

В транспортной системе важна точная и исчерпывающая информация относительно велотранспортной сети. Велосипедистам должны быть доступны местные и региональные карты, показывающие маршруты, с обозначением объектов сервиса и интересных мест, включая природные.

Архитектурно-планировочные решения по развитию велотранспортной сети должны учитывать потребности и возможности разных категорий велосипедистов. В таблице 2.2 приведена классификация категорий (групп) велосипедистов, учитывающая особенности велосипедиста, вид поездки и требования к велотранспортной сети.

2.2. Пути для велосипедного движения

2.2.1. Общие замечания

Транспортная структура может создаваться на основе принципа универсальных или специальных путей сообщения.

Первый принцип представляют улицы в населённых пунктах. Они используются для разнообразных ТС и пешеходов, расположены в основном в уровне земли, требуют значительного землеотвода. Задачи пропуска потоков транспорта они решают при избытке своей

пропускной способности, которую трудно обеспечить в условиях городов со сложившейся планировкой и дефицитом земли. Недостаток пропускной способности ведёт к снижению комфорта и безопасности движения, особенно в случае большого разнообразия пользователей.

Таблица 2.2

Классификация категорий (групп) велосипедистов [19]

Вид поездки, тип велосипедиста	Особенности велосипедиста	Требования к велотранспортной сети
Дети начальной школы	Познавательные навыки не развиты, мало знаний правил дорожного движения, требуют наблюдения	Вне проезжей части, пешеходная дорожка (где разрешено) или жилая улица с низкой интенсивностью движения
Дети средней школы	Умения изменяются, развивая уверенность	Используют велодорожки и велополосы, а также двигаются вне проезжей части
Развлекательные поездки	Опыт, возраст, навыки очень различны	Выбирают пути вне проезжей части или местные улицы, оборудованные мероприятиями для успокоения ТП. Избегают оживлённых, в том числе торговых улиц
Житель пригородной зоны	Опыт, возраст, навыки очень различны	Некоторые предпочитают пути или дороги с низкой нагрузкой, готовы потратить больше времени, чтобы добраться до пункта назначения, другие хотят быстрее доехать независимо от транспортных условий
Полезность	Поездка для определенных целей (делать покупки), короткие поездки, непредсказуемые маршруты	Выбирают пути вне зависимости от классификации. Избегают оживлённых, в том числе торговых улиц
Туризм	Поездки на большое расстояние, некоторые путешествующие в группах	Используют все доступные маршруты
Спортивный	Часто в группах два в ряд, подобные жителям пригородной зоны	Путешествуют на большие расстояния, в том числе по городским территориям или сельским районам, вообще не используют маршруты без твёрдого покрытия

Второй принцип – обособленные системы, которые пользуются выделенными путями. Рельсовый и канатный транспорт, пешеходные дорожки формируют под большие однотипные потоки, что позволяет обеспечить снижение затрат на единицу пропускной способности и справиться с масштабными перевозками.

Универсальные пути нередко дополняют выделенными, что позволяет эффективно развязывать потоки.

Для обеспечения безопасного и удобного велосипедного движения при проектировании велотранспортных путей необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- адекватные и безопасные размеры всех отдельных элементов дизайна;
- возможность постоянного зрительного контакта между участниками дорожного движения;
- обращение особого внимания на проблемные зоны;
- обеспечение как безопасности участников движения, так и беспрепятственного пропуска ТП, включая пешеходов;
- удобство эксплуатации и содержания объектов ВТИ.

Использование существующей уличной сети может быть признано рациональным только внутри жилых кварталов, где интенсивность движения ограничена. Там, где она значительна, для велосипедного движения следует предусматривать выделенные пути. Только так можно решить проблемы организации дорожного движения в условиях высокой плотности и мобильности населения.

Велосипед и другие лёгкие транспортные средства (ЛТС) создают небольшую временную нагрузку. Пути для их движения получаются компактными. Они не требуют значительных затрат средств и землеотвода. Площадь для комфортного движения велосипедиста не превышает 10...12 м², давление на колесо не превосходит 1 кН, а погонная нагрузка – 1 кН/п.м. Даже спешившись, велосипедисты не создают нагрузку, превышающую 2 кПа.

Компактность и лёгкость путей делает целесообразным устройство специальных путей для велосипедного движения, прежде всего эстакадного типа. Это позволяет минимизировать необходимый землеотвод и отделить велосипедные пути от других, что диктуется как соображениями безопасности, так и комфорта.

Сегодня в российских городах движение ЛТС осуществляется преимущественно по плохо приспособленным для этого трассам, в основном контактирующим с другими видами движения. Когда оно

идет по местным проездам в жилой застройке или велосипедным дорожкам в рекреационных зонах, это оправдано. Но соединение интенсивного велодвижения с пешеходным или автомобильным несет значительные издержки. У них разные правила и разное представление о приоритетах, разные скорости, размеры, мощность. В стеснённых условиях смешение разных типов движения – причина снижения безопасности и пропускной способности.

Чтобы сделать ЛТС важным инструментом решения транспортных проблем, необходимо создать выделенные пути для потоков велосипедистов, которые будут связывать места их устремлений, минуя те территории, которые уже заняты другими транспортными системами. Велосипеды дешевле всего поднять на эстакады, они лёгкие. Когда интенсивность, как и скорость движения небольшая, можно сменить езду на пешее движение, можно использовать инерцию, а можно воспользоваться подъёмником, который доставит велосипедиста на «высокую точку», откуда он комфортно поедет по уклону вниз, расходуя потенциальную энергию, полученную при подъёме.

На улицах с интенсивным автомобильным движением и на тротуарах велосипед – чуждый элемент. Это подтверждает [17], где запрещается велосипедное движение на магистралях. Не менее очевидна опасность смешения велосипедных и пешеходных потоков там, где они имеют значительную интенсивность. Но сегодняшняя практика далека от здравого смысла и регулирующих норм. Мы нередко встречаем велосипедиста там, где его не должно быть. Ему деваться некуда.

Дизайн и конструкция дорожной инфраструктуры играют ключевую роль в обеспечении БДД. Основными элементами «устойчиво безопасного» дизайна являются конструктивные элементы «успокоения ТП» и меры по разведению разнородных ТП и упорядочению их взаимодействия, особенно на перекрёстках. Значительное влияние на сокращение аварийности оказало строительство круговых пере-

крёстков, в основном за счёт снижения скоростей движения автомобилей. Наиболее безопасным дизайном кольцевых велоперекрёстков следует признать ангулярный дизайн с приоритетом автомобилей.

Результаты исследования [20] показали, что создание ВТИ (выделенные бордюрами велодорожки и размеченные разметкой велополосы) привело к увеличению интенсивности велосипедного движения (на 20% для велодорожек и на 5% для велополос) и снижению автомобильного движения (на 10% для велодорожек и на 1% для велополос), а также повышению безопасности движения велосипедистов.

Во многих городах устраивают «защищённые» велополосы, которые представляют собой специально выделенное пространство для велосипедистов, отделённое от автомобильной проезжей части и пешеходных тротуаров специальными мерами: парковочными местами, делинеаторами, малыми архитектурными формами, газонами, деревьями или кустарниками, оградами и т.п. [21]. Такие велополосы обладают следующими преимуществами [22]:

- существенно более высокая степень защиты велосипедистов относительно обычных рекомендательных или обязательных велополос;
- существенно более низкая стоимость (примерно в 10 раз) относительно велодорожек и приподнятых (гибридных) велополос;
- существенно более короткий период строительства с минимальными помехами дорожному движению;
- практически полное исключение возможности незаконной парковки автомобилей на велополосе;
- обеспечение хорошей видимости и обзорности для всех участников дорожного движения;
- хорошая совместимость с дизайном «защищённых» остановок общественного транспорта;
- отличная совместимость с дизайном «защищённых» велоперекрёстков и «защищённых» круговых велоперекрёстков;

- адаптируемость к возможному увеличению интенсивности велосипедного движения в будущем;
- удобство зимнего содержания, так как имеется место для складирования снега.

Защищённые велополосы обеспечивают гораздо более высокий уровень сервиса для велосипедистов, поэтому после их создания отмечается существенный рост интенсивности велодвижения, то есть *защищённые велополосы привлекают новых пользователей* [23]. Велосипедисты по-разному оценивают удобство защищённых полос различной конструкции: наиболее удобными считаются те, которые обеспечивают максимально возможное ощущение безопасности (рис. 2.1, 2.2).

При правильном выборе методов разделения ТП можно практически полностью исключить незаконную парковку автомобилей на защищённой велополосе [22].

Одним из критических недостатков обычных велополос считается их несовместимость с остановками общественного транспорта, например, автобусными. Как правило, велополосы просто прерываются в местах остановок, ставя велосипедистов перед выбором: объезжать автобус слева по проезжей части, подвергая себя опасности, объезжать автобус справа, выезжая на тротуар и подвергая опасности пассажиров и пешеходов, или останавливаться и ждать позади автобуса, теряя попусту своё время.

Дизайн защищённых велополос хорошо сочетается с безопасным дизайном автобусных остановок, поскольку оставляет место для обустройства посадочной площадки. Эта посадочная площадка (даже совсем небольшая) позволяет разделить пассажиров и велосипедистов в момент входа/выхода, существенно повышая безопасность для тех и других [24].

Статистика свидетельствует, что наибольшее количество ДТП с участием велосипедистов и автомобилей происходят на перекрёстках. Защищённые велополосы отлично сочетаются и с дизайном наиболее безопасных перекрёстков.

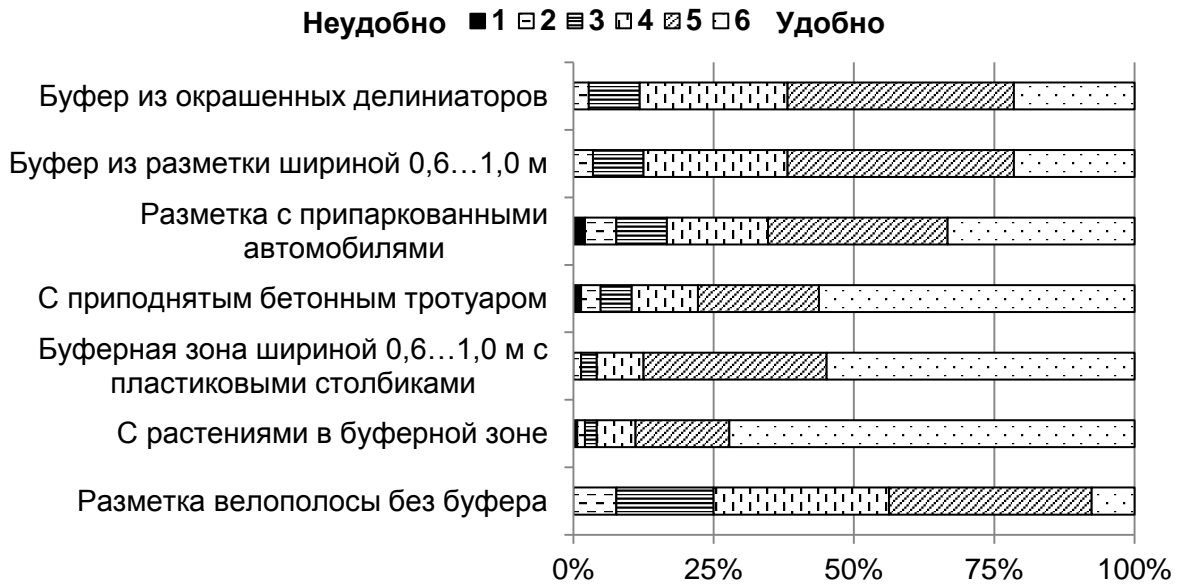


Рис. 2.1. Оценка велосипедистами удобства дизайна защищённых велополос



С приподнятым бетонным тротуаром



Буферная зона шириной 0,6...1,0 м с пластиковыми столбиками



С растениями в буферной зоне

Рис. 2.2. Примеры наиболее удобных вариантов велополос

Дизайн защищённых велополос хорошо сочетается с необходимостью их содержания, особенно зимнего. Единственное, что при этом требуется, – обеспечить достаточную для проезда уборочной техники ширину велополосы (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Приспособленность защищённой велополосы к зимнему содержанию

Таким образом, защищённая велополоса является наиболее безопасным и эффективным решением для организации движения велосипедов в городах. Однако её устройство требует дополнительного землеотвода. Как его получить – задача и для тех, кто планирует движение, и для тех, кого оно касается.

Проблемой для развития велосипедного движения является высокая зависимость от погодных условий. Дождь и снег препятствуют ему больше, чем другим способам передвижения. Накрывать велодорожки кровлей – настоятельная необходимость, которую не сложно обеспечить, учитывая их небольшую ширину. Другой проблемой являются гидрогеологические условия и наличие разнообразных подземных коммуникаций, которые осложняют выполнение оснований для путей под велосипедное движение.

Ряд инновационных решений позволяет по-новому взглянуть на проблему велосипедного движения и сделать его привлекательным для широкого круга перемещающихся по городу граждан.

2.2.2. Инновационные конструкции велоэстакад

В зависимости от планировочных условий велодвижение может осуществляться по велодорожкам в уровне земли, велосипедным эстакадам и велополитенам. На первый взгляд, первый вариант имеет стоимостные преимущества. Однако это справедливо, если не учитывать землеотвод, который очень существенно влияет на стоимость линейных сооружений. Чтобы сделать велодвижение массовым, следует обратить внимание на инновационные конструкции путей для велодвижения.

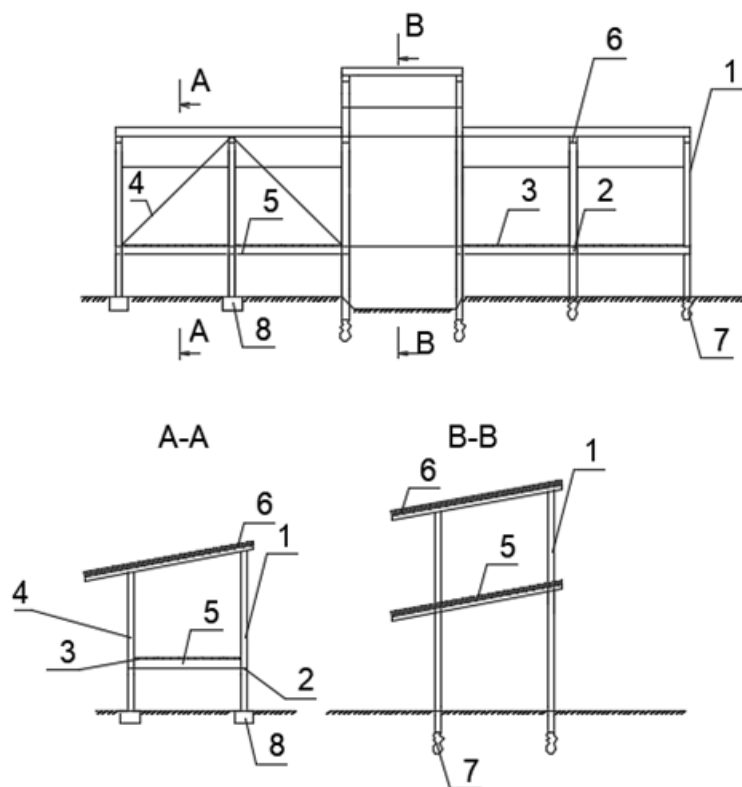
Велоэстакады

Мы привыкли ходить и ездить по земле. Это оправдано, когда средством передвижения служат ноги или автомобиль. Но для лёгкого колёсного средства земля – не лучшее основание для движения, особенно в условиях низких температур. Техническое решение «*велоэстакада*» позволяет создать комфортные условия движения велосипедистов у поверхности земли. Прежде всего там, где нет спланированной горизонтальной поверхности с подготовленным для эксплуатации в сложных условиях основанием. Велоэстакада может быть размещена на территории со сложными грунтовыми условиями, на больших уклонах, на потенциально подтопляемых участках. Такие велоэстакады предлагается делать преимущественно крытыми, защищёнными от погодных условий.

Крытая велоэстакада выполняется из лёгких конструкционных материалов (например, композит, клеёная древесина) в виде отдельных несущих рам, установленных на лежни или свайное основание в зависимости от грунтовых условий. Между основанием и рамами могут быть выполнены специальные узлы, допускающие рихтовку положения ездового полотна, если оно потребуется в результате температурных воздействий.

На рисунке 2.4 показан общий вид велоэстакады для прокладки на потенциально подтопляемой территории, например, парковой, которая требует бережного отношения к почвенному покрову и гидро-

логии. Точечное опирание может быть расположено как горизонтально, так и под углом, а пространственная конструкция может иметь высоту, которая меняется по ширине. Рамы могут быть композитными, металлическими, из клеёной древесины. Они могут опираться на буровые или винтовые сваи, длина которых определяется грунтовыми условиями. Возможно опирание на отдельные лежни, которые располагают с шагом 4...7 м. К рамам также крепятся ограждающие конструкции, затрудняющие произвольный съезд и въезд на велоэстакаду. В зависимости от планировочных условий велоэстакада прерывается участками длиной 7...9 м, где кровля приподнята, ограждения прерываются, а покрытие уложено по земляному полотну. Эти места служат для въезда и выезда с велоэстакады и её пересечения другими ТП.



*Рис. 2.4. Эскиз велоэстакады на потенциально подтопляемой территории:
1 – опорные рамы; 2 – узлы опирания пролётных строений на раму;
3 и 4 – продольные и наклонные элементы пролётных строений; 5 – ездвое
полотно; 6 – кровля; 7 – сваи; 8 – естественное основание*

По сравнению с обычным вариантом велодорожки по грунту, предлагаемая конструкция быстрее монтируется, может быть

сборно-разборной, не препятствует естественному стоку воды, проста в эксплуатации. Даже при неблагоприятных погодных условиях крытая велоэстакада пригодна для движения. Прокладка таких велоэстакад целесообразна там, где для них есть место, присутствует сглаженный рельеф и есть интенсивный поток велосипедистов.

Значительная площадь территории городов занята земляными откосами. Они встречаются на перепадах рельефа, вдоль рек и каналов, насыпей железных и автомобильных дорог. Как правило, эти участки земли не используются. На них можно с успехом размещать велоэстакады, которые, например, могут подходить к железнодорожным станциям.

На рисунке 2.5 показан общий вид велоэстакады для прокладки вдоль насыпи дороги. Основой конструкции велоэстакады являются поперечные рамы, которые установлены на лежни, опирающиеся на насыпь. Рамы устанавливаются с шагом 4...8 м, они служат для опирания конструкции ездового полотна, например, в виде клеёной конструкции, совмещённой с ограждением со стороны низкой части насыпи. К рамам крепится конструкция ветрозащитного ограждения, совмещённая с лёгкой кровлей. Это ограждение призвано исключить влияние ветрового потока от движущегося поезда на велосипедистов. Съезды и въезды на велоэстакаду организуются в местах, где она находится вблизи поверхности земли, и могут быть устроены на примыкающей насыпи. Использование незанятого пространства откоса делает доступным устройство велоэстакад при плотной городской застройке без дополнительного землеотвода.

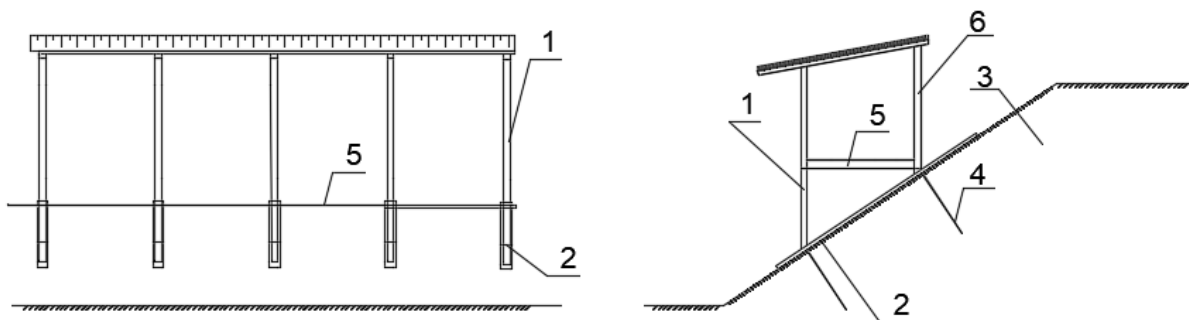


Рис. 2.5. Эскиз велоэстакады для прокладки вдоль насыпи: 1 – поперечные

*рамы; 2 – лежни; 3 – насыпь; 4 – грунтовые анкеры; 5 – ездовое полотно;
6 – ветрозащитное ограждение*

Крытые велоэстакады (рис. 2.6) можно быстро возводить и, при необходимости, демонтировать. Они не нарушают существующей гидрологии территории, просты в эксплуатации и могут быть использованы в составе велосипедных маршрутов, включённых в состав транспортного комплекса города. Даже при ливне и снегопаде, когда движение наземного нерельсового транспорта нарушается, такие сооружения продолжают пропускать велосипедистов. Безопасность движения по отделённой от земли поверхности, где нет ни ТС, ни пешеходов, максимальна.

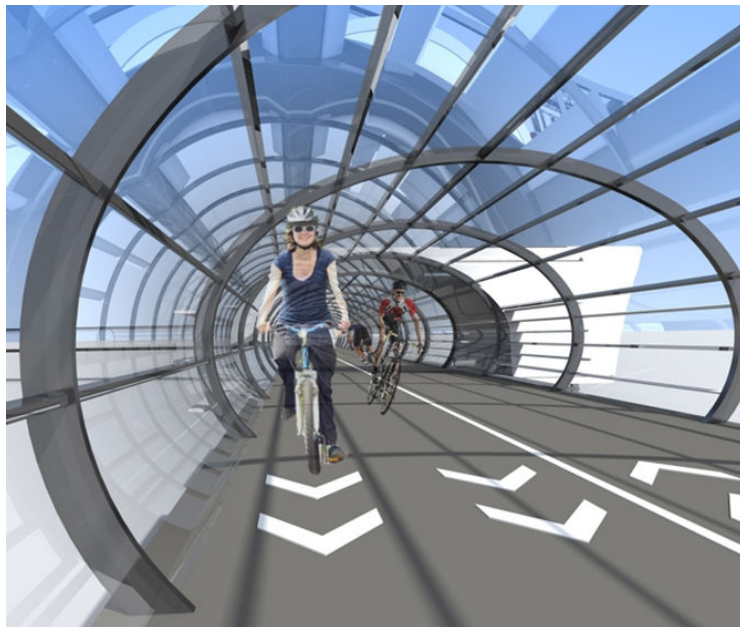


Рис. 2.6. Крытая велоэстакада для движения при любых погодных условиях

Предлагаемые велоэстакады могут быть размещены в разнообразных условиях и иметь как рекреационное, так и утилитарное назначение. Несмотря на повышенную стоимость, они могут быть эффективны ввиду удобства их эксплуатации и ремонта. При строительстве велоэстакад вблизи транспортных магистралей следует оценивать влияние воздействий от транспорта.

Велоэстакады в стеснённых городских условиях

Велосипедист требует немного места. Достаточно полосы ши-

риной 1,2...1,5 м для движения со скоростью 2...8 м/с. При интенсивном движении такая полоса может пропускать до 1000 чел./ч при интервале порядка 15...20 м, что вполне безопасно. Потребность в площади, которую необходимо выделить для такого движения в 10 раз меньше, чем для легковых автомобилей. Но площади со сложившейся городской застройкой всегда не хватает. «Отнимать» её у автомобилистов, пешеходов или зелёных насаждений – не лучшее решение. На помощь могут прийти велосипедные эстакады и велополилены, расположенные над поверхностью. Такие сооружения можно устраивать в существующей застройке без существенного изъятия площадей на поверхности земли. А если их сделать крытыми, то можно кардинально улучшить условия движения как на велосипеде, так и пешим порядком под пролётами эстакады.

Техническое решение «Эстакада для движения ЛТС» позволяет кардинально решать задачу развития велосипедного движения в городах. Крытая эстакада, пригодная для всепогодного движения, выполняется из лёгких материалов (алюминиевый сплав, композит, клеёная древесина), не подверженных коррозии (рис. 2.7).

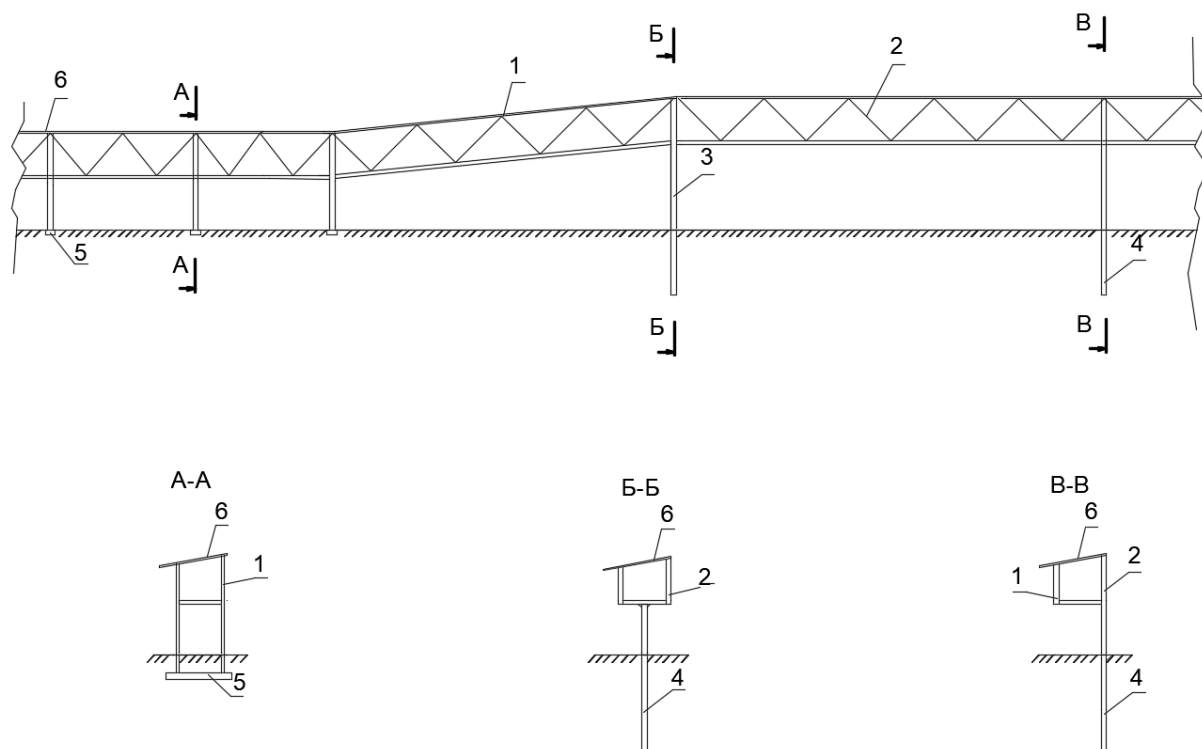


Рис. 2.7. Эскиз городской велоэстакады: 1 – пролётные строения; 2 – пространственные сквозные фермы из лёгких материалов; 3 – рамные опоры из железобетона или из тех же материалов, что и пролётные строения; 4 – свайное основание фундамента; 5 – естественное основание фундамента; 6 – кровля

Она может располагаться вдоль тротуара, газона, набережной, может быть размещена над препятствиями, проходить над другими транспортными путями. Небольшая нагрузка позволяет выполнять эстакаду на простых и недорогих фундаментах, плитных или свайных, которые можно разместить вне зоны городских коммуникаций. Такая эстакада может иметь лёгкий настил, а не сложную дорожную одежду. В отличие от дорожки, которая проходит по земле, она мало подвержена климатическим воздействиям и требует значительно меньших эксплуатационных расходов.

При необходимости стойки рам могут крепиться к существующим зданиям и сооружениям. Они могут быть как парными, так и одиночными. Их перекрывают ригелем, на который опирают пролётное строение. Ось стоек может не совпадать с центром тяжести пролётного строения. Но при фундаменте на естественном основании его центр тяжести должен быть приближен к основанию фундамента. При свайном основании такое условие можно не соблюдать, но следует избегать работы конструкции «на отрыв». При высоте пролётных строений порядка 2,5...3 м их пролёт может достигать 30 м при разрезной и 45 м при неразрезной балочной системе. Усилив конструкцию вантами, можно существенно увеличить пролёт. Это позволяет располагать эстакады над городскими улицами, железными дорогами, каналами и другими препятствиями. При необходимости предлагаемые эстакады можно размещать вдоль набережных, в том числе с нависанием над водой на высоте, позволяющей осуществлять судоходство.

Обычно велоэстакада расположена на высоте 3...3,5 м над пешеходной зоной, манежной автостоянкой, газоном. Для пересечения с улицей её поднимают над габаритом проезда на 5 м. Перепад в 2 м

может быть преодолен велосипедистом за счёт кинетической энергии, если его скорость будет меняться от 8 до 2 м/с. При дополнительном приложении обычной мощности (60...80 Вт) можно сохранить скорость более 3 м/с. В дальнейшем при движении под уклон первоначальная скорость может быть восстановлена. Для въезда на эстакаду необходимо преодолеть подъём. Это можно сделать на скорости 2 м/с, прикладывая мощность порядка 200 Вт. Если использовать инерцию движения, то при скорости внизу 8 м/с и мощности работы в подъём 120 Вт, легко доступной велосипедисту или двигателю на электрическом устройстве, вверх можно въехать при скорости порядка 3 м/с. Возможен также подъём по пандусу со скоростью 2 м/с при мощности порядка 200 Вт или подъём пешим порядком. При необходимости использования велоэстакады колясочниками подъём дополняется лифтами. Велоэстакаду следует выполнять крытой. Съезд с велоэстакады осуществляется по уклону до 10% по крытым пандусам.

Выезды необходимо отделять от въездов. Въезды на велоэстакаду нужно снабжать информационными знаками и табло, камерами слежения, а возможно и турникетами, исключающими попадание на неё ТС повышенной массы или снабженных тепловыми двигателями и топливом. Доступ на велоэстакаду пешеходов также надлежит ограничить. Выезд с велоэстакады должен быть приспособлен для движения легкого агрегата для уборки, работа которого предполагает временное ограничение движения велосипедистов.

Велоэстакада может связывать места активного притяжения пользователей на расстояниях, которые удобно преодолевать на велосипеде и других ЛТС. Если принять за комфортное время перемещения до 20 мин., то на велосипеде можно преодолеть за это время 5...6 км, примерно в 4 раза больше, чем пешим порядком при незначительно бóльших затратах энергии. Оснастив велоэстакадами маршруты от жилых районов до мест притяжения для их жителей, можно значительно сократить как подвоз на общественном транспорте, так и пользование личными автомобилями.

Велозэстакада может проходить над тротуарами, газонами, стоянками легковых автомобилей, что позволяет разместить её в уже застроенном районе. Она может быть расположена там, где нельзя выполнить автомобильную эстакаду и решить проблему связности территорий со средним удалением, между которыми есть препятствия как естественные, так и созданные человеком. С помощью велозэстакад можно увеличить движение вдоль набережных, что позволит сократить на них объем автомобильного движения, сделать маршруты для рекреации. На велодорожках и велозэстакадах могут быть проложены туристические маршруты. Для них велозэстакады целесообразно выполнять открытыми, снабжёнными павильонами для отдыха (рис 2.8). Такие сооружения могут быть выполнены вдоль морских набережных, в том числе в стесненных условиях. Приморские курорты России могут быть существенно облагорожены путём размещения вдоль береговой полосы велодорожек и велозэстакад, по которым туристы будут осуществлять туристические маршруты и попадать на пляжи.



Рис. 2.8. Велозэстакада у береговой линии без крыши

Велозэстакада может быть размещена вдоль речной набережной, выполняя роль дополнительного транспортного и рекреационного маршрута и требуя минимума дополнительного землеотвода (рис. 2.9). Будучи выполнена из лёгких материалов, она не потребует значительных затрат на фундаменты, не будет стеснять судоходный

габарит и отверстие моста. Гулять по набережной можно будет и в дождливую погоду.

Велополитены

Проблемой для велосипедистов является движение в гору. Сложный рельеф – серьезное препятствие для использования велосипеда нетренированным человеком. Но при движении по эстакадам ему можно помочь. Техническое решение «*Линейное сооружение для движения ЛТС*» предполагает наличие на отдельных участках сооружения *траволаторов*, которые компенсируют уклон местности. Они устанавливаются на маршрутах одного направления и помогают велосипедистам преодолеть умеренный уклон. На встречном направлении, по которому движение идет под уклон, эти участки служат для поддержания скорости. При длине 12...25 м траволатор способен поднять велосипедиста на 1...2 м, что может компенсировать требуемую мощность при движении вверх. Траволатор имеет стационарный двигатель, который не надо перемещать, что выгодно отличает предлагаемую систему от систем с двигателями и запасами энергии, размещенными на экипаже, которые существенно утяжеляют и удорожают ТС. При сложном рельефе предлагаемая конструкция путей позволяет велосипедисту запасать потенциальную энергию при движении в гору и использовать уклон при движении с горы. Такой подход может значительно расширить круг велосипедистов и количество привлекательных для них маршрутов. Затраты энергии для движения будут меньше, чем при использовании других транспортных систем.



Рис. 2.9. Велосипедная эстакада вдоль набережной

Для маршрутов, на которых предполагается массовое движение велосипедистов на значительные расстояния при сложном профиле путей, может быть эффективно техническое решение «Дорожно-транспортное сооружение «Велополитен МАДИ». Оно позволяет сообщать велосипедисту дополнительную потенциальную энергию за счёт внешнего подъёмного устройства с относительно мощным стационарным двигателем. Это может сделать поездку на велосипеде весьма эргономичной. Усилия человека в этом случае можно привязать к комфортной для него величине, которая будет диктоваться скоростью движения и аэродинамикой. Поскольку потери от трения колёс о дорогу весьма незначительны, их можно компенсировать небольшим (до 1%) уклоном. Тогда при скорости 3...4 м/с расход энергии будет минимален. С ростом скорости мощность, требуемая для преодоления сопротивления воздуха, будет расти, но велосипедист может ей управлять, выбирая посильный режим движения. После велосипедной поездки можно и в душ не идти, если не спешить. Чередую участки крутого (вплоть до вертикального подъёма) и пологого спуска, можно использовать самую универсальную природную силу – гравитацию для обеспечения комфортного движения. Но это требует специального устройства пути. Например,

такого, как показано на рис. 2.10. Протяжённый велополитен целесообразно поднять над городом достаточно высоко, сделать крытым и однопутным в каждом направлении. В таком сооружении можно достичь высокой пропускной способности и скорости движения в комфортных условиях, что позволяет сделать его важным элементом транспортной инфраструктуры в курортных зонах и городах вытянутой конфигурации. Двигаясь по такому сооружению можно со средней скоростью 6...9 м/с (до 30 км/ч и более) преодолевать значительные расстояния в приемлемое время. Крутить педали можно с удобной мощностью, в режиме лёгкой прогулки или серьезной тренировки. Можно совместить приятное с полезным при минимуме отрицательного воздействия на природную среду, минимальном землеотводе и невысокой стоимости сооружения.

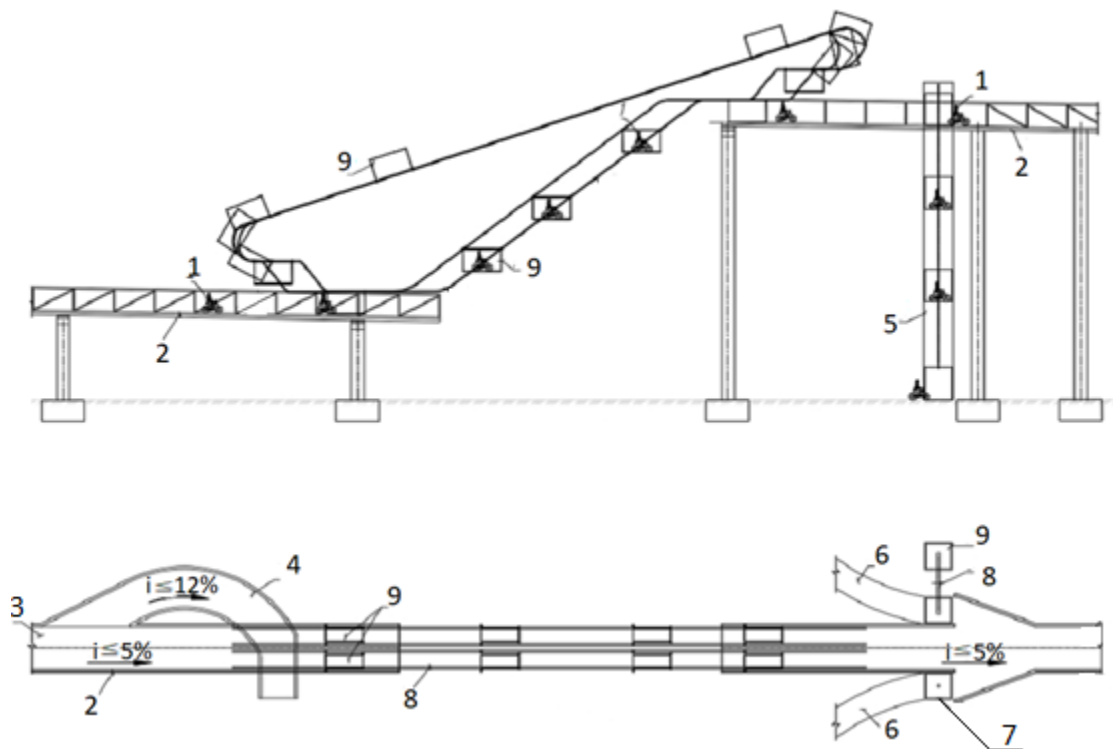


Рис. 2.10. Эскиз велополитена МАДИ: 1 – ЛТС; 2 – эстакада; 3 – выделенные пути с уклоном не более 5%; 4 – съезды на УДС в наиболее низких участках эстакады; 5 – подъемные устройства в наиболее высоких частях эстакады; 6 – подъезды к подъемным устройствам на УДС; 7 – подъемное устройство лифтового типа; 8 – подъемное устройство в виде системы движущихся по замкнутым направляющим кабин. Направляющие могут иметь большой уклон или быть расположены вертикально; 9 – кабины

Для велополитена МАДИ разработано техническое решение «Транспортная эстакада» (см. рис. 2.11). Такое сооружение предлагается возводить из лёгких конструкций: стальных, алюминиевых, композитных с телескопическими рамными опорами, на фундаментах, отвечающих геологическим и планировочным условиям. Пролётные строения возводятся из крупных пространственных секций, как правило, навесным способом. При значительных пролётах и высоте такие эстакады должны быть снабжены ветрозащитными ограждениями, снижающими влияние ветровых нагрузок и на велосипедистов, и на конструкции, а в уровне проезжей части и кровли должны размещаться надёжные ветровые связи. На значительной высоте открываются интересные виды, поэтому на таких эстакадах можно устраивать площадки для обозрения. Это актуально как в рекреационных местах, так и в интересных городских ландшафтах.

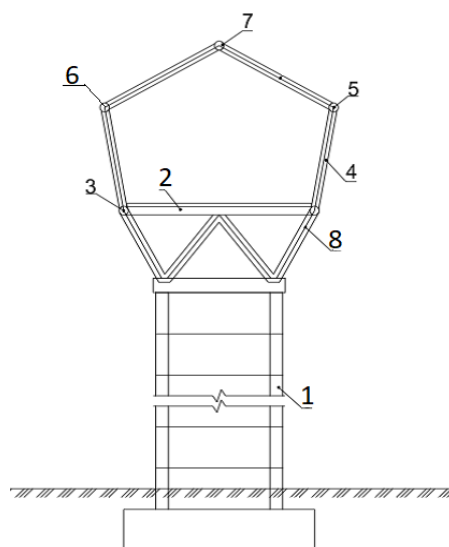


Рис. 2.11. Эскиз транспортной эстакады для велополитена: 1 – опоры; 2 – железобетонная плита проезжей части; 3 – стержни нижнего пояса сквозной конструкции; 4 – наклонные элементы – раскосы, жёстко связанные с плитой проезжей части; 5 и 6 – стержни верхнего пояса сквозной конструкции; 7 – дополнительная наклонная связь, жёстко связанная своими концами со стержнями верхнего пояса; 8 – узлы, допускающие продольные смещения пролётных строений

Выезд из велополитена на уличную сеть происходит по пандусам, расположенным в наиболее низких точках этого разновысокого сооружения. Для въезда могут быть предусмотрены лифты, которые

поднимают велосипедистов на максимальные отметки. Сев на велосипед около дома и проехав до въезда в велополитен несколько сот метров, можно воспользоваться этим путём и за полчаса преодолеть средний для города маршрут в 10 км, после чего по уличной велосипедной сети добраться до места назначения.

По пути велосипедистов надо поднимать, чтобы сообщить им потенциальную энергию. Производительность обычных лифтов с циклическим режимом движения для этого недостаточна. Для подъёма следует применять подъёмники непрерывного действия, которые могут быть канатными, скиповыми или с вертикальным подъёмом, например, на основе технического решения «Подъёмное устройство для ЛТС» (рис. 2.12). Система управления подъёмного устройства включает датчики, фиксирующие приближение ЛТС. В таком подъёмнике одновременно присутствуют несколько кабин, часть которых находятся под погрузкой и выгрузкой, часть в движении. Это позволяет отправлять кабины с интервалом 10...12 с и достигать провозной способности до 1000 вел./ч и более, которая присуща велополитену.

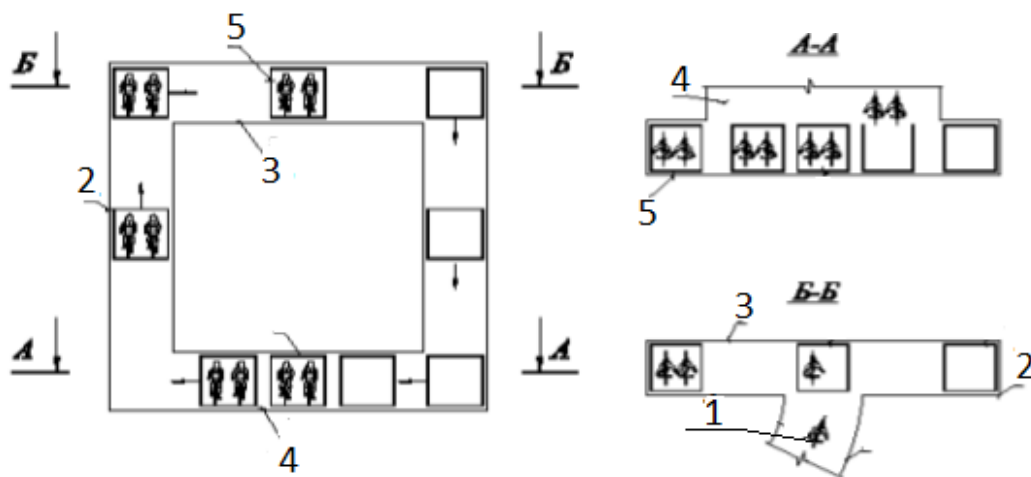


Рис. 2.12. Эскиз подъёмного устройства для ЛТС: 1 – ЛТС; 2 – вертикальные направляющие; 3 – горизонтальные направляющие; 4 – площадка для высадки; 5 – подвижная кабина с приводом

Конструкция велополитена может быть легко вписана в городскую застройку. Она пересекает препятствия на значительной вы-

соте, может проходить как над строениями, так и вдоль них и не требует существенного землеотвода. Низкая нагрузка от ЛТС позволяет делать эстакады лёгкими даже при больших пролётах, если применять пространственный стержневой каркас. Он должен быть приспособлен для восприятия как нагрузок от велосипедистов, так и снеговой и ветровой нагрузки, поэтому при его проектировании следует уделять особое внимание вопросам обеспечения пространственной устойчивости.

2.3. Сравнение нормативов по проектированию велосипедных дорожек в России и в Германии

Основные размеры пространства для движения велосипедистов входят в число основных показателей, в настоящее время учитываемых при проектировании городской транспортной инфраструктуры. При расчёте габаритов сооружений для велосипедного движения к размерам транспортного пространства необходимо добавлять зазоры безопасности, которые необходимо предусматривать для того, чтобы минимизировать риск возникновения ДТП с участием велосипедиста. Наиболее подробные и качественные нормы по проектированию ВТИ созданы в Германии [25]. В таблице 2.3 приведено сравнение немецких нормативов по проектированию велосипедных дорожек с российскими.

Таблица 2.3

Сравнение основных нормативов по проектированию велосипедных дорожек в России и в Германии

Параметр	Россия	Германия
Ширина полосы движения, м	1,0...1,5	1,0
Ширина велосипедной дорожки с двухсторонним движением, м	2,0	2,0...2,5
Параметр	Россия	Германия
Ширина велодорожки со специальной полосой для движения велосемобилей, м	-	2,3
Зазор безопасности от кромки проезжей части, м	0,5...0,75	0,5
Зазор безопасности от стоящих вдоль проезжей части автомобилей, м	0,75	0,75
Зазор безопасности от стоящих под углом автомобилей, м	0,25	0,25

Зазор безопасности от тротуара, м	0,5	0,25
Зазор безопасности от зданий, оград и других построек и сооружений, м	0,25	0,25
Ширина тротуара, м	В зависимости от категории дороги от 0,75	4,0...5,0
Ширина путей для совместного движения пешеходов и велосипедистов, м	В зависимости от ширины велодорожки 4,0...5,0 м	В зависимости от интенсивности движения 2,5...4,0 м и более

2.3.1. Совместное движение с автомобильными и пешеходными потоками

В России, согласно ПДД, велосипедистам запрещено двигаться в общем потоке с другими ТС при наличии рядом специальной велосипедной дорожки. Однако поскольку такие дорожки редко встречаются в наших городах, велосипедисты вынуждены ездить по проезжей части автомобильных дорог в общем ТП, что негативно влияет на организацию и БДД, здоровье велосипедистов.

Иначе к данной проблеме подходят в европейских странах, в частности, в Германии. Там выбор типа объекта ВТИ осуществляется на стадии проектирования элементов УДС и зависит от интенсивности движения автотранспорта на данном участке (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Выбор вида велотранспортного сооружения в зависимости от интенсивности и скорости движения ТП на участках УДС [25]

Тип дороги	Параметр		Назначение велосипедного маршрута		
			Участок велотранспортной сети		Основной веломаршрут
	Максимальная скорость ТП, км/ч	Интенсивность движения, авт./ч	Менее 75 вел./ч	75...250 вел./ч	
Парковая дорожка	-	0	Совместное велопешеходное движение по существующей дорожке		
Дорога местного значения	30	1...400	Совместное движение с автотранспортом (со специальной разметкой для велосипедистов или без неё)		Организация велосипедной улицы или велополосы с правой стороны проезжей части
		400...1000			
		>1000	Велодорожка или отдельная велополоса		
Главная дорога	50	2 п. д.*	Не имеет значения	Велосипедная дорожка, примыкающая к проезжей части или отделённая от неё	

	4 п. д.		
	70		

* п.д. – полоса движения

В России совместное движение велосипедных и пешеходных потоков формально запрещено. Однако поскольку на подавляющем большинстве улиц велодорожки отсутствуют, велосипедистам приходится заезжать на тротуары и двигаться совместно с пешеходами. Но и на тех улицах, где построены велодорожки, они, как правило, примыкают не к проезжей части, а к пешеходным дорожкам или тротуарам. Поэтому и здесь фактически имеет место совмещённое движение пешеходов и велосипедистов. Но ни те, ни другие не имеют чётко прописанного в ПДД приоритета движения, что ведёт к ухудшению условий движения и увеличивает риск ДТП.

В Германии, где объекты ВТИ присутствуют практически повсеместно, доступ велосипедистов на пешеходные дорожки в большинстве случаев запрещён. Если же на той или иной улице специальные велодорожки не предусмотрены, велосипедисты могут двигаться совместно с пешеходами на примыкающих к дороге полосах только при интенсивности движения автотранспорта свыше 400 авт./ч [25]. При этом пешеходное движение всегда является приоритетным.

Результаты сравнения требований к велосипедным дорожкам при совместном движении с автомобильными и пешеходными потоками приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Требования к велосипедным дорожкам при совместном движении с автомобильными и пешеходными потоками

Наименование	Россия	Германия
1. Совместное движение с автомобильными потоками	<p>1. При наличии велосипедной дорожки запрещено.</p> <p>2. На улицах, где велодорожек нет, осуществляется при любой интенсивности движения</p>	<p>1. На улицах с интенсивностью движения менее 400 авт./ч велосипедное движение должно быть организовано в пределах проезжей части.</p> <p>2. При интенсивности движения от 400 до 1000 авт./ч для движения велосипедистов на проезжей части следует выделять защитную полосу.</p> <p>3. При интенсивностях более 1000 авт./ч необходимо устраивать специальные полосы для велосипедного движения или велосипедные дорожки</p>
2. Совместное движение с пешеходными потоками	<p>1. В отдельных случаях запрещено, но чаще всего велосипедные и пешеходные потоки примыкают друг к другу. В этом случае, особенно в местах сужения велодорожки, имеют место случаи совмещения потоков (велопешеходные участки движения).</p> <p>2. На улицах, где велодорожек нет, формально запрещено.</p> <p>3. При разрешении использовать пешеходные пути для велосипедного движения, нет чёткого приоритета ни для пешеходов, ни для велосипедистов</p>	<p>1. Если при интенсивности движения от 400 до 1000 авт./ч не предусмотрено устройство полос для велосипедного движения или велосипедных дорожек и допустимая максимальная скорость превышает 70 км/ч, пешеходные пути следует делать доступными для велосипедистов.</p> <p>2. Если при интенсивности движения от 400 до 1000 авт./ч и предусмотрено устройство защитных полос для велосипедного движения, доступ велосипедистов на пешеходные пути должен быть запрещён.</p> <p>3. Если при интенсивности движения от 800 до 1800 авт./ч не предусмотрено устройство защитных полос для велосипедного движения, следует делать пешеходные пути доступными для велосипедистов.</p> <p>4. При разрешении использовать пешеходные пути для велосипедного движения пешеходное движение является приоритетным</p>

2.3.2. Подъезды к домам и тупиковые улицы

В городах России подъезды к домам не выделены в отдельный вид транспортной планировки территории.

В Германии проекты жилых зон, как и в случае с УДС, предусматривают чёткое разделение автомобильных и велосипедных потоков. Ширина проезжей части должна обеспечивать возможность встречного движения велосипедистов и легковых автомобилей, а пространство у входа в подъезды должно быть защищено от въезда автомобилей. При этом велосипедисты имеют чёткий приоритет проезда перед автомобилями. Отдельно рассматриваются тупиковые улицы – движение автотранспорта там запрещено. На этих улицах

должен обеспечиваться свободный проход пешеходов и проезд велосипедистов. Кроме того, в тупиках следует предусматривать возможность разворота мусоровозов.

2.3.3. Жилая улица

В России ограничение допустимой максимальной скорости движения на жилых улицах, как и в целом на территории населенных пунктов, составляет 60 км/ч. К сожалению, такая скорость движения автотранспорта является самой опасной для велосипедистов (риск смертности в ДТП не менее 80% [26]). В нашей стране отсутствуют специальные улицы для велосипедного движения, где велосипеды имели бы право преимущественного проезда.

В Германии, как правило, на жилых улицах вводится ограничение допустимой максимальной скорости движения 30 км/ч. Эта скорость является относительно безопасной для велосипедистов (риск смертности в ДТП не более 5% [26]). В особых случаях жилая улица может в зависимости от её положения на УДС проектироваться как специальная улица для велосипедного движения. При этом учитывается, что:

- движение на велосипедных улицах направляется в обход главных улиц;

- для обеспечения высоких скоростей велосипедного движения оно должно иметь приоритет проезда на перекрёстках, это должно обозначаться соответствующими дорожными знаками, а также должны применяться различные конструктивные мероприятия, например, устройство полос из брусчатого камня (смешанный тип дорожного покрытия) (рис. 2.13);

- в отдельных случаях по улицам для велосипедного движения может быть проложен маршрут городского автобуса.

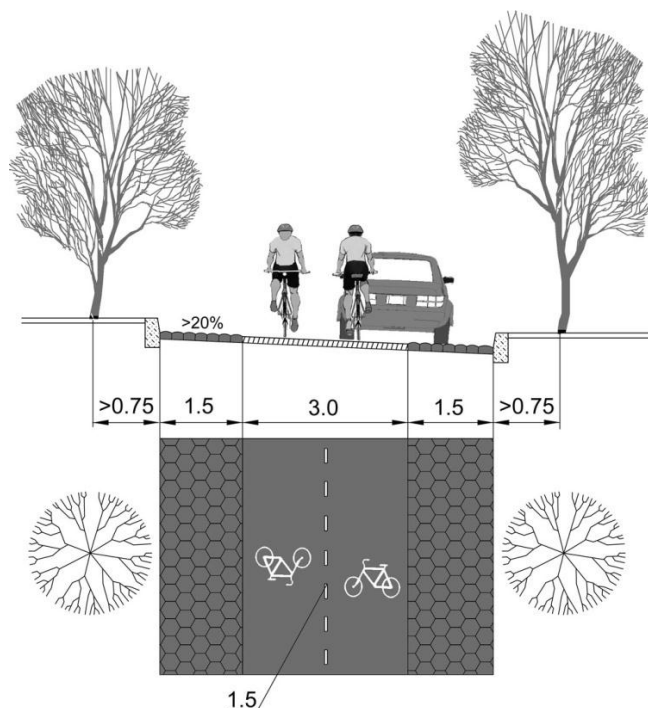


Рис. 2.13. Велосипедная улица со смешанным типом покрытия

2.3.4. Приоритет проезда

В России при пересечении велосипедной дорожки с автодорогой приоритет проезда принадлежит автомобилям. Велосипедисты преодолевают перекрёсток по специальной разметке, похожей на пешеходную (при совмещённом велопешеходном движении – вместе с пешеходами).

В Германии организация велосипедного движения через перекрёстки осуществляется по тем же правилам, что и для автомобилистов. Если велосипедист движется по главной дороге или имеет на перекрёстке помехи справа, то он пользуется преимущественным правом проезда. Это устанавливается специальными знаками. Введение светофорного регулирования целесообразно на перекрёстках, где часто происходят ДТП с участием велосипедистов и пешеходов.

2.3.5. Подъезд к перекрёсткам

В России специальные полосы для велосипедного движения нормативами не предусмотрены. Пересечение регулируемого пере-

крёстка на зеленый свет, как правило, происходит совместно с пешеходами. На месте пересечения велодорожки с проезжей частью или пешеходными путями наносится специализированная цветная разметка (термопластиковая цветная разметка Premark – красный цвет), предупреждающая велосипедистов, пешеходов и водителей о необходимости преодолевать данные участки с особым вниманием. Также используется дорожная разметка типа ШЗ и Ш7.

В Германии для сооружения особой полосы для левоповоротного движения на подъезде к перекрёстку ликвидируются обе стояночные полосы, велосипедное движение переносится на проезжую часть, на которой устраивается полоса для велосипедного движения, заканчивающаяся у стоп-линии. При этом стоп-линия на полосе для велосипедистов выдвинута вперед по отношению к стоп-линиям для остальных участников движения.

2.3.6. Примыкание велосипедного и пешеходного путей друг к другу

В России:

– велополоса выделяется специальной разметкой Ш9, а также дорожными знаками 4.5.4 и 4.5.5 – «Пешеходная и велосипедная дорожка с отдельным движением»;

– разграничение велосипедного и пешеходного пространства производится в основном при помощи специальной разметки с шириной сплошной линии 0,1 м. Зазор безопасности должен составлять не менее 0,5 м. В районе пересечений с автомобильными и пешеходными путями, для обеспечения безопасности маломобильных групп населения, он выполняется из полимерной тактильной плитки [27];

– для дополнительного ориентирования велосипедистов и пешеходов вдоль маршрута устанавливаются знаки-указатели, сити-форматы, информационные щиты и прочее.

В Германии:

– велополоса должна быть оптически контрастной по отношению к пешеходным путям и отделена от них разметкой шириной 0,3 м;

– разграничить велосипедное и пешеходное пространство можно либо с помощью относительно высоких бордюров, либо с помощью полосы из другого материала. Первый способ более наглядный, но его применение сопряжено с риском повышенной аварийности велосипедистов и возможно только при достаточной ширине велодорожки. Вторым методом менее наглядно, но не создает аварийности и применяется чаще;

– в случае отделения велосипедной дорожки от пешеходных путей с помощью сооружений, располагаемых с ними на одном уровне, надо предусматривать ширину велосипедной дорожки не менее 2 м.

2.3.7. Выделение велополосы вдоль проезжей части

В России:

– полосы для велосипедного движения должны устраиваться в одном уровне с проезжей частью для движения автомобилей и отделяться от неё разметкой с шириной сплошной линии 0,1 м. Они могут отличаться по цвету от основной проезжей части;

– на месте пересечения велодорожки с проезжей частью наносится специализированная цветная разметка (термопластиковая цветная разметка Premark – красный цвет), предупреждающая велосипедистов, пешеходов и водителей о необходимости преодолевать данные участки с особым вниманием. Также используется дорожная разметка Ш3 и Ш7. Линия разметки – сплошная с шириной 0,1 м;

– обязанности велосипедистов регламентируются дорожной разметкой Ш9 «Велосипедисты»;

– ширина размечаемой полосы назначается, как правило, равной 2 м.

В Германии (при интенсивности движения менее 400 авт./ч):

- полосы для велосипедного движения должны устраиваться в одном уровне с проезжей частью автодороги и отделяться от неё разметкой с шириной сплошной линии 0,25 м. Они могут отличаться по цвету или материалу от основной проезжей части;
- в зоне пересечений велосипедные полосы выделяются с помощью разметки широкими пунктирными штрихами длиной 0,5 м с разрывами между ними шириной 0,25 м;
- обязанности велосипедистов регламентируются дорожным знаком 237 StVO «Велосипедисты» [28]. Его изображение в качестве элемента горизонтальной разметки может быть помещено на поверхность покрытия;
- ширина размечаемой полосы назначается, как правило, равной 2 м, но не меньше, чем на примыкающих участках.

2.3.8. Выделение велодорожки вдоль проезжей части

В России:

- велосипедные дорожки должны отделяться от проезжей части или от стоянок автомобилей с помощью защитных разделяющих полос шириной 0,75 м и 1,5 м соответственно. Они могут отличаться по цвету или материалу от основной проезжей части;
- на месте пересечения велодорожки с проезжей частью наносится специализированная цветная разметка (термопластиковая цветная разметка Premark – красный цвет), предупреждающая велосипедистов, пешеходов и водителей о необходимости преодолевать данные участки с особым вниманием. Также используется дорожная разметка Ш3 и Ш7. Линия разметки по-прежнему сплошная с шириной 0,1 м;
- обязанности велосипедистов регламентируются дорожной разметкой Ш9 «Велосипедисты»;
- на участке маршрута, где это необходимо (например, при отсутствии газона между велодорожкой и проезжей частью) предусмотрена установка парковочных столбиков, исключая возможность заезда автомобилей на велодорожку или тротуар;

– ширина размечаемой полосы, как правило, равна 2 м.

В Германии (при интенсивности движения менее 400 авт./ч):

– велосипедные дорожки должны отделяться от проезжей части или от стоянок автомобилей с помощью защитных разделяющих полос шириной 0,75 м и 1,1 м соответственно. Они могут отличаться по цвету или материалу от основной проезжей части. Они должны быть также удалены от пешеходных дорожек или отделяться от них разметкой или разграничивающей полосой шириной 0,3 м, оптически контрастной покрытию дорожки;

– для предотвращения возможности падения велосипедистов поверхности велосипедной дорожки и разграничивающей полосы должны находиться на одном уровне и отделяться друг от друга разметкой с шириной сплошной линии 0,25 м;

– обязанности велосипедистов регламентируются дорожным знаком 237 StVO «Велосипедисты» [28]. Его изображение в качестве элемента горизонтальной разметки может быть помещено на поверхность покрытия;

– ширина размечаемой полосы назначается, как правило, равной 2 м, но не меньше, чем на примыкающих участках.

2.3.9. Дорожная разметка на перекрестках

В России:

– разметка велополос осуществляется узкими штрихами длиной 1 м, шириной 0,1 м с зазорами длиной 3 м;

– велосипедные и пешеходные полосы движения отделяются друг от друга сплошной линией шириной 0,1 м;

– на месте пересечения велодорожки с проезжей частью параллельно пешеходному переходу наносится специализированная цветная разметка (термопластиковая цветная разметка Premark – красный цвет), предупреждающая велосипедистов, пешеходов и водителей о необходимости преодолевать данные участки с особым вниманием. Также используется дорожная разметка ШЗ и Ш7.

В Германии:

- разметка велополос осуществляется узкими штрихами длиной 0,5 м, шириной 0,2 м с зазорами длиной 0,2 м;
- на пересечении со светофорным регулированием стоп-линия на велополосах выдвигается вперед на 3 м по сравнению со стоп-линией для автомобильного движения.

2.3.10. Сигнализация

В России:

- особые светофоры для велосипедов не используются;
- на улицах, где велодорожек нет, велосипедисты формально обязаны двигаться по проезжей части и их сигнализация совмещена с автомобильной;
- поскольку велодорожки часто прилегают к тротуарам, сигнализация для велосипедистов чаще всего совмещена с пешеходной.

В Германии:

- в зависимости от ситуации сигнализация может быть особой, совмещённой с автомобильным или пешеходным движением;
- пешеходные и велосипедные переходы через проезжую часть по возможности должны располагаться рядом.

В таблице 2.6 сведены результаты обобщения информации о наличии нормативных документов на проектирование велосипедных дорожек в городской среде.

Таблица 2.6

Наличие нормативных документов по проектированию велосипедных дорожек в городской среде

Наименование	Россия	Германия
Подъезды к домам	Нет	Есть
Жилая улица	Нет	Есть
Приоритет проезда пересечений	Автомобиль	Знак
Подъезд к перекрёсткам	С пешеходами	По велополосе
Примыкание велосипедного и пешеходного путей друг к другу	Есть	Есть
Выделение велополосы вдоль проезжей части	Есть	Есть
Выделение велодорожки вдоль проезжей части	Есть	Есть
Дорожная разметка на перекрёстках	Есть	Есть

Сигнализация для велосипедистов (светофоры)	Нет	Есть
---	-----	------

2.4. Британские нормативы по велосипедной инфраструктуре

Классификация, приведённая в [29], ориентирована на расположение велодорожек и велополос, а также их положение относительно автомобильных и пешеходных дорог (табл. 2.7).

Все велодороги могут быть как двусторонними, идущими в двух противоположных направлениях, так и односторонними. Все велодорожки и велополосы могут переходить одна в другую на любом участке. Рассмотрим далее, когда и при каких условиях следует выбирать те или иные виды велодорог.

Таблица 2.7

Виды велодорожек и велополос

Изолированная велодорожка вне проезжей авто- и пешеходной дороги			Велополоса на проезжей части автодороги		Велополоса на пешеходной дороге	
Примыкает к проезжей автодороге	Примыкает к пешеходной	Не примыкает	Обособленная, обязательная	Смешанная, рекомендуемая	Обособленная	Совмещённая
ВД _{ИА} *	ВД _{ИП} *	ВД _{ИН} *	ВП _{АО} *	ВП _{АС} *	ВП _{ПО} *	ВП _{ПС} *

*ВД_{ИА} – велодорожка изолированная, примыкающая к проезжей части автодороги; ВД_{ИП} – велодорожка изолированная, примыкающая к пешеходной дороге; ВД_{ИН} – велодорожка изолированная, не примыкающая ни к проезжей части автодороги, ни к пешеходной дороге; ВП_{АО} – велополоса на проезжей части автодороги, обособленная; ВП_{АС} – велополоса на проезжей части автодороги, смешанная; ВП_{ПО} – велополоса на пешеходной дороге, обособленная; ВП_{ПС} – велополоса на пешеходной дороге, совмещённая.

2.4.1. Учёт интенсивности и скорости потоков на проезжей части

В районах с малой интенсивностью и скоростью движения ТП можно обойтись без велодорожек и велополос на проезжей части или примыкающих к ней. Велодорожки и велополосы на проезжей части становятся необходимы в тех случаях, когда интенсивность движе-

ния на дороге и/или скорости транспорта высокие или средние. Матрица необходимых видов велодорог в зависимости от интенсивности и скорости движения ТП приведена в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Матрица велодорог

Интенсивность движения, ед./час		Скорость движения, км/ч			
Велосипе- дов	АТС	30 очень низкая	30...50 низкая	50...60 средняя	>60 высокая
>400	очень высокая	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВД _{ИА}
300...400	800...1000 (пик) высокая	ВП _{АО}	ВП _{АО}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВД _{ИА}
100...300	300...800 (пик) средняя	ВП _{АО} , ВП _{АС}	ВП _{АО} , ВП _{АС}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВД _{ИА}
50...100	150...300 (пик) низкая	ВП _{АС}	ВП _{АС}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}
<50	очень низкая	ВП _{АС} без обо- значений	ВП _{АС}	ВП _{АС}	ВП _{АО} , ВД _{ИА}

2.4.2. Нормативы на ширину велодорожек и велополос

Нормативные значения ширины велодорожек и велополос в городе приведены в табл. 2.9.

2.4.3. Обособленные и смешанные велополосы на проезжей части

На проезжей части могут быть велополосы двух видов: обособленные и смешанные. Обособленные (обязательные) велополосы ВП_{АО} отделяют часть проезжей дороги, предназначенную для велосипедистов. В неё запрещено вторгаться другим ТС. Смешанные (рекомендуемые) велополосы ВП_{АС} предназначены предупреждать водителей о возможном присутствии велосипедистов и подсказывать водителям, что им надо придерживаться на достаточном расстоянии от края дороги. Однако движение автомобилей по велополосе возможно. Преимущество использования ВП_{АО} и ВП_{АС} на проезжей части состоит в том, что они:

- делают законным обгон автотранспорта в случае его замедления или остановки в транспортном заторе;

- приучают велосипедистов двигаться по велополосе;
- помогают велосипедисту убедиться, что он следует по маршруту;
- вынуждают водителей снижать скорость благодаря уменьшению за счёт велополос видимой ширины дороги, предназначенной для автотранспорта.

Таблица 2.9

Нормативы на ширину односторонних велодорожек и велополос

Вид велодорожки, велополосы	Скорость движения ТП, км/ч	Расчётная скорость велосипедного движения, км/ч	Расчётная интенсивность движения, прив. ед./ч на полосу	Полуширина проезжей части, м	Ширина полосы движения, м	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наименьшая ширина пешеходной части тротуара, м
ВД _{ИА}	>60	25	>100 (>300, пик)	-	-	>15	-
ВД _{ИП}	-	25	-	-	-	>15	-
ВД _{ИН}	-	25	-	-	-	>15	-
ВП _{АО}	-	25	-	>4,5	1,5 (0,8)	-	-
ВП _{АС}	<60	15	<300 (<800, пик)	<4,5	1,5	-	-
ВП _{АС}	<60	15	<300 (<800, пик)	>4,5	1,5...2,0	-	-
ВП _{ПО}	-	25	-	-	1,5	>15	1,5
ВП _{ПС}	-	15	пешеходы	-	3,0 (2,0)	>15	-

Примечания.

1. Ширина полосы измеряется от бордюра до середины разделительной линии.
2. На дорогах со скоростью 60 км/ч и выше ширина ВП_{АО} должна превышать 1,5 м.
3. В скобках даны интенсивность движения в часы пик и минимальная ширина в стеснённых условиях.
4. При ширине автомобильной полосы меньше 3 м велополосу делать нежелательно.

Для удобного проезда велосипедов, велоприцепов и инвалидных колясок велополоса должна иметь ширину 1,5 м, а если дорога позволяет, то и 2 м. Это делает возможным обгон без выезда на полосу движения автотранспорта. В стеснённой ситуации допустима ширина велополосы 0,8 м, однако в местах соединений рекомендуется делать велополосу не менее 1,2 м, а при подходе к перекрёстку

– не менее 1 м. Преимущества и недостатки разных видов велополос приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Преимущества и недостатки велополос

Достоинства	Недостатки
Обособленные (обязательные)	
В определенные часы могут использоваться только велосипедистами. Отделены сплошной линией, что делает маловероятным въезд машин. Водители нарушают правила, если въезжают на велополосу. Допускается установка дополнительного ограждения	Устройство требует согласования с нормативами и обсуждения с общественностью, что ведёт к задержкам. Нельзя проложить там, где разрешено пересечение велодороги другим транспортом (въезды на боковые дороги, карманы для парковки и разгрузки, вблизи узких проездов). Требуют больше знаков и разметки, чем рекомендуемые велополосы
Смешанные (рекомендуемые)	
Не требуют согласования с нормативами и разрешения дорожной инспекции. Можно устроить очень быстро. Требуют меньше знаков и разметки. Можно проложить вплотную к парковочным карманам, по центру проезжей части, через перекрёстки и вдоль узких полос движения шириной менее 3 м	Имеют чисто информативное значение – другой транспорт может законно ехать по ним. Отсутствует законная возможность удалять с них транспорт (кроме ограничений на парковку, ожидание, разгрузку)

2.4.4. Изолированные велодорожки (конструктивно отделённые от проезжей и пешеходной части)

Изолированные велодорожки могут примыкать к выделенным проезжим и пешеходным дорожкам (ВД_{ИА} и ВД_{ИП}) или проходить совершенно независимо (ВД_{ИН}). Очевидно, их не следует предусматривать на новых дорогах (там надо заранее планировать велополосы), а также на старинных дорогах, имеющих историческое значение.

2.4.5. Стандарты дизайна велосипедной инфраструктуры Лондона LCDS

Стандарты дизайна велосипедной инфраструктуры (London Cycling Design Standards, LCDS) [30] позволяют объективно оценить качество веломаршрута. Показатель «уровень сервиса, обеспечивае-

мый ВТИ» (англ. Cycling Level of Service, CLoS), разработан для получения количественной оценки качества её функционирования. Он полезен при обсуждении альтернативных вариантов дизайна, а также для обоснования поэтапного усовершенствования ВТИ. Более детально данный показатель рассмотрен в разделе 4.4.2.

2.4.6. Руководство по велосипедно-ориентированному дизайну Sustrans

Отличительной особенностью руководства по велосипедно-ориентированному дизайну Sustrans [31] является его краткость, наглядность и хорошая графика, поэтому оно весьма популярно в среде велоактивистов и специалистов по велоделу.

2.5. Руководства по проектированию городских велодорожек в США

В руководстве «Проектирование городских велодорожек» (англ. Urban Bikeway Design Guide) [32], разработанном американской национальной ассоциацией департаментов организации дорожного движения (NACTO), описываются практические комплексные решения, позволяющие сделать городские улицы безопасными и удобными для велосипедистов. Большинство описанных в нём методик не включено в текущую версию основного нормативного документа «Руководство по проектированию ВТИ» (англ. Guide for the Development of Bicycle Facilities) [33], изданного Американской ассоциацией руководителей дорожных и транспортных служб штатов (AASHTO), но все они, за исключением двух, разрешены «Руководством по единым средствам управления движением» (англ. Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD) [34]. Руководство NACTO официально признано Федеральным управлением автомобильных дорог. В нём приводится подробная классификация дорожной ВТИ (велополос, велодорожек, велобульваров, велоперекрёстков), описываются их преимущества и недостатки, области и особенности применения. Отдельные главы посвящены дорожным знакам и разметке, а также

светофорному регулированию на велоперекрёстках. Все проектные решения, описанные в «Проектировании городских велодорожек», используются на практике – как во многих городах США, так и в других странах.

Однако следует отметить несколько недостатков данного нормативного документа:

- дизайн велоперекрёстков не безопасен (по сравнению с «нидерландским» дизайном «защищённых» велоперекрёстков);
- рекомендации по применению того или иного вида ВТИ не учитывают реальное поведение участников дорожного движения, например, во время заторов;
- многие дизайнерские решения не рассчитаны на неопытных велосипедистов или велосипедистов-инвалидов;
- практически не учитываются особенности дизайна, требуемые для грузовых велосипедов и велосемобилей;
- отсутствуют рекомендации по дизайну обхода остановок общественного транспорта;
- отсутствуют рекомендации по сетевому планированию веломаршрутов;
- отсутствуют рекомендации по оценке качества велосети и веломаршрутов;
- большинство дорожных знаков и разметки специфичны для США и не совпадают с европейскими.

Некоторые из перечисленных недостатков устранены в последней версии руководства, размещённой на сайте NACTO. В частности, появился новый раздел «Проектирование для всех групп населения», который, по сути, приоритизирует решения «нидерландского» дизайна, то есть «защищённые» велополосы, «защищённые» велоперекрёстки, «защищённые» велокруговые развязки и улицы успокоенного совмещённого движения. Здесь же появилась сводная таблица контекстного выбора наиболее подходящего типа ВТИ (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Контекстный выбор типа ВТИ при инклюзивном подходе
к её проектированию

Дорожные условия				Тип ВТИ	
Расчётная скорость ТП, км/ч	Расчётная интенсивность ТП, авт./сут.	Количество полос для ТП	Ключевые особенности		
1	2	3	4	5	
Любая		Любое	Высокая активность на тротуаре, частое автобусное движение, автомобильные заторы, конфликты при поворотах	Защищённая велополоса	
< 16	Менее актуально	Без центральной разделительной полосы или однополосная односторонняя	Совмещённое с пешеходами движение	Улицы совмещённого движения	
≤ 32	1000...2000		По одной полосе в каждом направлении или однополосная односторонняя	Менее 50 авт./ч в пиковом направлении в «час пик»	Велобульвар
≤ 40	500...1500	Низкая активность на тротуаре и редкие заторы			
	1500...3000			Обычная велополоса, велополоса с буферной разметкой или защищённая велополоса	
	3000...6000			Велополоса с буферной разметкой или защищённая велополоса	
> 6000	Защищённая велополоса				
Любая	Более одной полосы в каждом направлении	Защищённая велополоса			
> 40	≤ 6000	Одна полоса в каждом направлении	Защищённая велополоса или меры по снижению скорости ТП		
	> 6000	Более одной полосы в каждом направлении	Защищённая велополоса или сокращение полос до одной в каждом направлении и меры по снижению скорости ТП		
		Любое	Любые	Защищённая велополоса	

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5
Скоростные дороги с ограничением доступа		Любое	Высокая интенсивность пешеходного движения	Разделённая велопешеходная дорожка или защищённая велополоса
		Любое	Низкая интенсивность пешеходного движения	Совмещённая велопешеходная дорожка или защищённая велополоса

Как видно из табл. 2.11, весь диапазон дорожных условий можно «перекрыть» всего двумя типами ВТИ: защищёнными велополосами и улицами успокоенного совмещённого движения. Именно эти два типа ВТИ наиболее широко используются в Нидерландах и Дании и хорошо зарекомендовали себя как с позиции безопасности, так и с точки зрения стабильного привлечения новых велосипедистов и относительно низких затрат, требующихся на их создание.

2.6. Руководство по развитию велосипедного движения PRESTO

PRESTO (англ. promoting cycling for everyone as a daily transport mode – популяризация велосипеда как общедоступного вида транспорта для ежедневных поездок) – проект европейской программы Intelligent Energy, субсидируемой Исполнительным агентством по конкурентоспособности и инновациям Европейского союза (Executive Agency for Competitiveness and Innovation) [35].

Подходы PRESTO проверены в разных городах европейских стран. В рамках проекта разработан набор концепций и практических руководств. Основная часть этих материалов посвящена проектированию ВТИ. Помимо инфраструктуры PRESTO охватывает планирование и проведение публичных кампаний. В своде руководств и рекомендаций PRESTO сведены воедино в удобной форме все накопленные в Европе знания и опыт развития городского велосипедного движения. Эти документы создавались в расчёте не только на города, участвующие в проекте PRESTO, но и для повсеместного использования в качестве общеевропейских рекомендаций. Общественная организация «Велосипедизация Санкт-Петербурга» осуществляет переводы материалов PRESTO на русский язык [36].

Обобщённая концепция подхода PRESTO изложена в четырёх отдельных руководствах, которые предлагают ясный и систематический подход, позволяющий заинтересованным сторонам и ответственным лицам разработать конкретную стратегию развития велосипедного движения.

В первом из этих документов представлена общая структура проекта, с обоснованием необходимости интегрированного подхода. Безусловно, универсальных ответов, подходящих под все ситуации, не бывает. Именно поэтому в руководствах PRESTO города разделены по текущему уровню развития велосипедного движения на «новичков», «продвинутых» и «чемпионов». Для каждого уровня предлагаются наиболее эффективные подходы и конкретные меры.

Три других документа фокусируются на отдельных направлениях развития велосипедного движения: ВТИ, пропаганде езды на велосипедах и электровелосипедах. В двух первых изложены общие принципы, рассмотрены возможные проблемы и основные факторы, влияющие на принятие решений. Третье руководство посвящено электровелосипедам – их возможной роли в качестве городского транспорта и способам стимулирования и продвижения их использования силами местных администраций и фирм, торгующих велосипедами.

Общие руководства сопровождаются подборкой из 25 брошюр, представляющих практические рекомендации. Они содержат более детальную информацию по практическому воплощению выбранных мер. Эти брошюры предназначены для людей, непосредственно вовлечённых в реализацию мер по развитию велосипедного движения. По сравнению с руководством NASTO данные материалы являются более всеобъемлющими, содержащими более полный спектр мер по развитию велосипедного движения.

Раздел 3. ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА (ВЕЛОСИПЕДЫ, СРЕДСТВА МАЛОЙ МОБИЛЬНОСТИ). ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ И НОРМАТИВЫ

3.1. Конструкции и технические характеристики велосипедов и средств малой мобильности

Конструкции велосипедов с момента их появления постоянно совершенствуются. Наряду с велосипедами стали популярны другие средства малой мобильности. Требования к ним следующие:

- масса ТС не должна превышать массы пассажира (порядка 40 кг) для того, чтобы пассажир мог перемещать ТС самостоятельно руками при возникновении проблем с движением, поломкой ТС, возникновения чрезвычайных ситуаций;
- оно должно иметь ограниченные габариты, позволяющие разместить ТС на площади до 2 м²;
- колеса ТС должны иметь радиус не менее 40 мм;
- на ТС не должно быть запасов топлива;
- мощность размещённых на ТС аккумуляторов должна быть не более 400 Вт.

В последнее время все большее распространение получают электровелосипеды и гибриды. На так называемых «тихих» электровелосипедах (скорость до 25 км/ч) электропривод выполняет вспомогательную функцию – с ним велосипедист затрачивает меньше усилий, что особенно важно в поездках на большие расстояния, при встречном ветре или подъёме в гору. Мощность электромотора не превышает 250 Вт – это величина, соизмеримая с мощностью, которую может достаточно долго развивать сам велосипедист. Электровелосипед сконструирован так, что электропривод вырабатывает ток только тогда, когда велосипедист жмет на педали. Как только он перестаёт работать ногами или разгоняется до скорости 24 км/ч, мотор автоматически отключается. Скорость «быстрых» электровелосипедов превышает 24 км/ч. На них устанавливают электромоторы мощ-

ностью 400 Вт и более, работающие независимо от педалей. Мощность двигателя и соответственно скорость регулируются ручкой «газа». На «быстром» электровелосипеде электрический привод играет основную роль, а мускульный – вспомогательную. Технические характеристики у такой машины примерно такие же, как у лёгкого мопеда. По действующим правилам ездить на «быстром» электровелосипеде можно только в защитном шлеме, с правами на управление мопедом и номерным знаком (его выдают вместе со страховым полисом).

Классический велосипед, трансформированный в ТС с педальным и электрическим приводом, не только сохранил все свои преимущества: небольшой вес, компактность, маневренность, бесшумность, экологичность, но и приобрел новые привлекательные свойства: способность преодолевать большие расстояния, крутые подъёмы и встречный ветер с меньшими затратами физических усилий. Кроме появления множества конструкций электровелосипедов (рис. 3.1), появились различные конструкции гибридных электрических ВТС различного назначения.

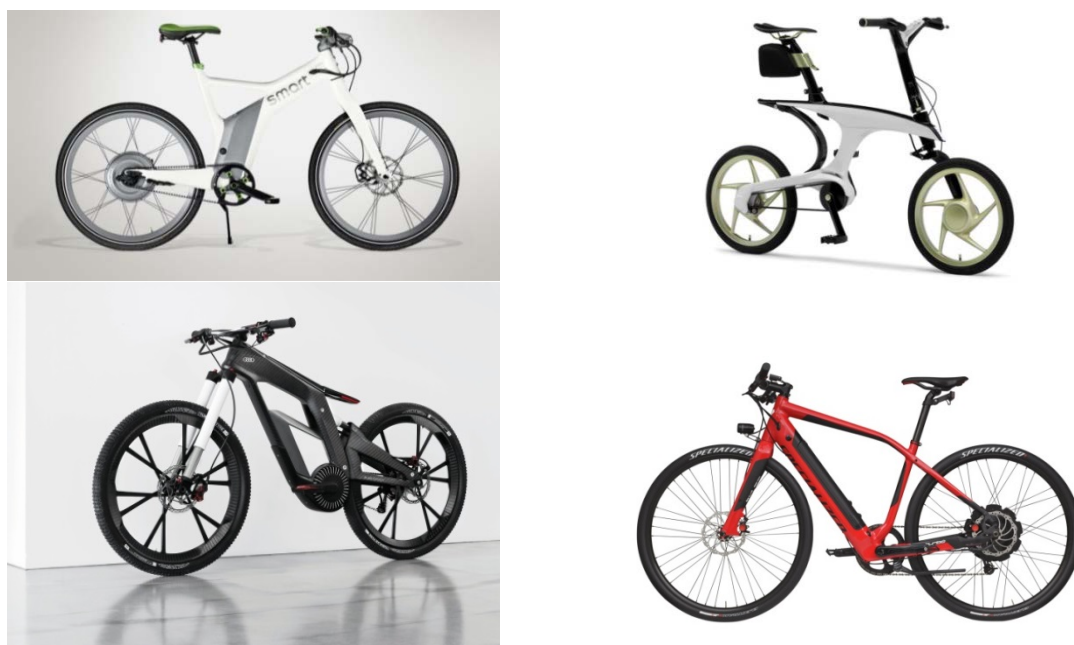


Рис. 3.1. Примеры конструкций современных электровелосипедов

Многие обычные велосипеды оборудованы багажниками различных конструкций, что позволяет перевозить небольшие грузы. А

для пользователей, желающих использовать велосипед для грузоперевозок, разработаны специальные грузовые велосипеды. В мире существует много разновидностей таких велосипедов, различающихся в зависимости от их назначения. Кроме моделей велосипедов с обычным кузовом для транспортировки различных грузов есть грузовые велосипеды с ящиками для разъездной торговли, с фургонами для грузов, которые нельзя перевезти в кузове, с детской коляской, велотакси и велорикши, предназначенные для перевозки пассажиров, и многие другие. Грузоподъёмность грузового велосипеда может достигать 300 кг и более.

В связи с технологическим прогрессом и появлением новых конструкционных материалов стратегия велосипедного движения 2030 предполагает активное развитие новых типов велосипедов, таких как устойчивые и закрытые от непогоды велоэлектромобили и грузовые электровелосипеды, которые способны перевозить до 200 кг грузов и смогут взять на себя до 30% внутригородских грузовых перевозок в крупных городах и до 50% – в малых.

Появление компактных и ёмких аккумуляторов и эффективных электромоторов привело к возникновению целого направления в дизайне «средств персональной мобильности», которые оказывают всё большее влияние на подходы к проектированию городских систем экомобильности. В таблице 3.1 приведены примеры и технические характеристики конструкций «средств персональной мобильности» с электроприводом. Развитие технологий электропривода делает актуальным анализ и прогнозирование их влияния на развитие велопешеходной мобильности и на состав требований к велопешеходной инфраструктуре, особенно в вопросе обеспечения БДД.

3.2. Элементы конструкции велотранспортных средств для обеспечения безопасности движения

Рассмотренные далее конструкционные особенности ВТС направлены на обеспечение активной безопасности велосипедистов.

Таблица 3.1

Примеры и технические характеристики средств персональной мобильности с электроприводом [6]

Внешний вид									
Название	Моноколесо SBU V3	Моноколесо	Сегвей Robin M1	Сегвей i2	Электроколяска для маломобильных групп населения Mobility Cube	Электродоска Bamboo Street & All-Terrain	Электро-самокат EGRET ONE V3	Электро-самокат Trikke Electric eV6.1	Электро-самокат EVOKING 3.0
Масса, кг	13,2	12	18,5	47,7	70	8,2	15	22	49
Запас хода, км	16	16	20	38	38	30	20	25 - 35	20
Тип батареи	LiFePO4 53V	LiFePO4 53V 122 Втч	Li-Ion 48V 8 Ач	Li-Ion	2 x Li-Ion	Li-Pol. 7Ah	LiFePo 8Ah	Li-ion 11,25Ah	Blei Gel 12V
Время зарядки, ч	Н.д.	1,5	2...4	8...10	8...10	2	6	7,5	4-6
Макс. скорость, км/ч	20	16	15	20	15	38	35	23	45
Мощность, Вт	1000	1500	400 (2x200)	2x500	2x500	350	250	350	1000
Пульт дистанционного управления	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Макс. масса, кг	145	113	120	120	165	108	135	157	150
Дисплей	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да	Нет
Диаметр колёс, см	46	40	18	46	46	8	16	25	32
Габариты, см	90 x 40 x 46	50 x 30 x 45	134 x 46 x 43	130 x 64 x 48	86 x 72 x 65	12 x 28 x 102	110 x 61 x 97	132 x 62 x 130	112 x 63 x 125

Активная безопасность – это совокупность конструктивных и эксплуатационных свойств ВТС, направленных на предотвращение ДТП и исключение предпосылок их возникновения. Основным предназначением систем активной безопасности ВТС является предотвращение аварийной ситуации. К элементам активной безопасности конструкции относятся:

- тормозная система;
- система световой сигнализации;
- система звукового предупреждения;
- система обзора заднего вида;
- шины;
- рулевая система и подвеска;
- органы управления.

Тормозная система

Надёжность тормозных систем обеспечивается дублированием тормозных механизмов с автономным приводом на переднем и заднем колёсах велосипеда, использованием высококачественных конструкций и материалов. Эффективность тормозных систем в различных условиях эксплуатации обеспечивается конструктивной схемой тормозных механизмов и их привода. Наиболее стабильные характеристики в различных условиях эксплуатации обеспечивают дисковые тормозные механизмы, получающие всё большее распространение на ВТС различного типа (рис. 3.2). В качестве привода тормозов применяются тросовые или гидравлические системы.



Рис. 3.2. Велосипедные дисковые тормозные механизмы

Система световой сигнализации

Согласно ПДД, велосипед для езды в тёмное время суток должен быть оборудован спереди белым светоотражателем или фарой, сзади отражателем или фонарём красного цвета, оранжевыми катафотами по бокам. Также в систему световой сигнализации ВТС может входить дополнительная (декоративная) подсветка, сигнальные флажки. Передняя фара в зависимости от предполагаемых условий использования может иметь различную мощность и оптическую конструкцию (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Конструкции элементов световой сигнализации: а) фара TrustFire TR-D003 на трёх светодиодах; б) светодиодный проектор Lumigrids с тремя режимами работы с различным размером сетки: нормальный (140×180 мм), скоростной (140×260 мм), командный (300×200 мм) [37]

Светодиодный проектор устанавливают на руль, и он проецирует на дорогу изображение в виде прямоугольной сетки. Ровные линии на ямах и кочках искажаются, и велосипедист может быстро понять, когда требуется нажать на тормоза и какие участки дороги следует объехать. Задние светодиодные фонари для велосипеда имеют малую мощность, но они значительно лучше обозначают велосипедиста на дороге, чем простые светоотражатели. Если задний фонарь светит без мигания, то водители машин могут ошибочно принять велосипед за мопед или мотоцикл и, не рассчитав скорости, совершить наезд сзади при обгоне или ускорении с места. Мигающий красный свет – отличительная черта велосипедиста.

Альтернативой обычным красным задним габаритным фонарям является лазерный габарит. Он оснащён не только светодиодами, но

и лазером, рисующим яркую красную дорожку по обеим сторонам велосипеда (рис. 3.4).

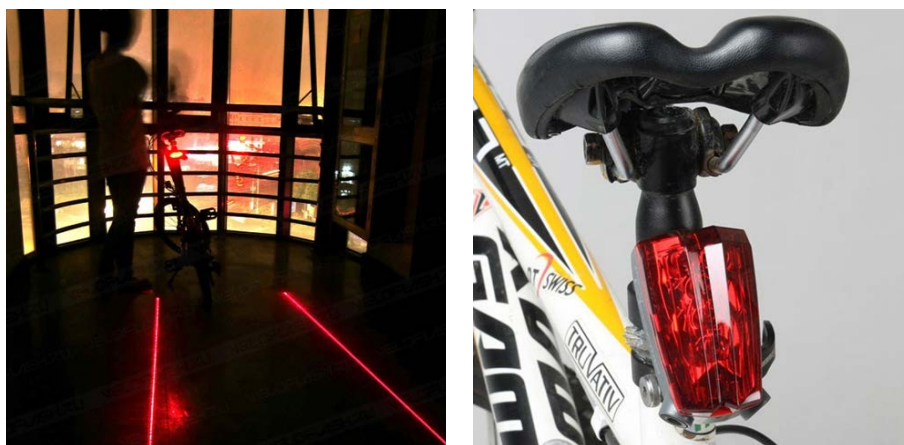


Рис. 3.4. Задний фонарь SLANCIO Bike Bicycle Laser Beam

Задние фонари могут выполняться в виде устройств с автоматическим переключением режима, соответствующего режиму обычного движения (мигающий режим) на режим, соответствующий торможению (яркий постоянный свет), и могут размещаться не только на велосипеде, но и на одежде велосипедиста (рис. 3.5, а).

Стандартным сигналом маневрирования велосипедиста является вытянутая рука вправо или влево, соответственно. Однако выполнение этого маневра повышает риски возникновения ДТП. Для повышения безопасности рекомендуется использовать дистанционные указатели поворота, приведённые на рис. 3.5, б.



а



б

Рис. 3.5. а) варианты размещения заднего фонаря; б) указатели поворота

Для повышения безопасности в ночное время может быть рекомендована декоративная неоновая и светодиодная подсветка велосипеда (рис. 3.6). Трубки и ленты с неоном светятся интенсивнее светодиодов и равномерно по всей длине. Светодиодные источники света экономные в отношении энергопотребления и стоимости.

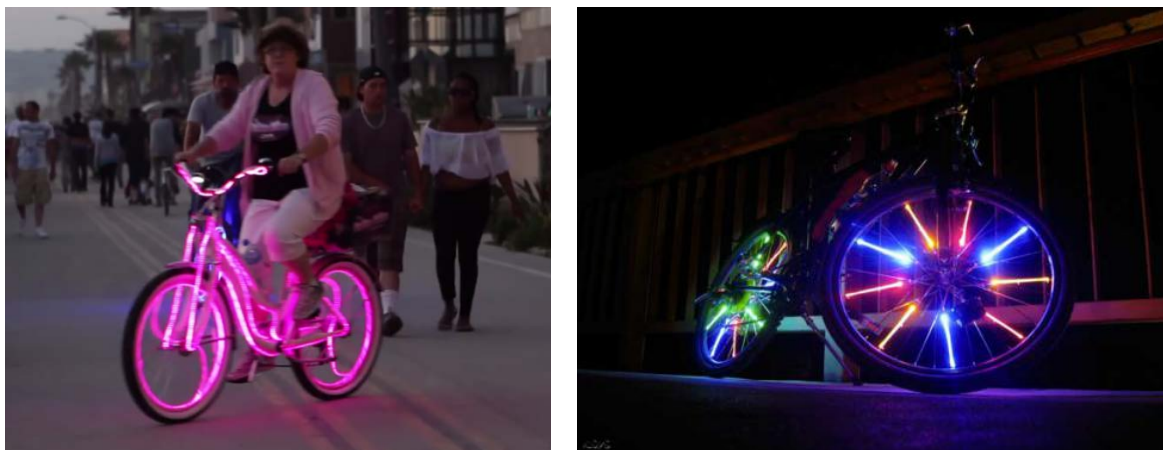


Рис. 3.6. Декоративная подсветка велосипеда

Система звукового предупреждения

Система звукового оповещения состоит из велосипедного звонка, механического или электрического (рис. 3.7). Учитывая бесшумность велосипеда, значимость велосипедного звонка для повышения безопасности движения трудно переоценить.



Рис. 3.7. Велосипедные звонки

Система обзора заднего вида

Наличие возможности для велосипедиста контролировать дорожную ситуацию сзади без необходимости поворачивать голову существенно повышает удобство и безопасность поездок. Существуют различные конструкции зеркал заднего вида – от самых простых до

компьютеризированных, использующих камеру заднего вида и смартфон (рис. 3.8). Система LaneSight следит за пространством позади велосипедиста при помощи размещённой над задним колесом камеры заднего вида. При обнаружении приближающегося объекта (автомобиля, велосипедиста) система передаёт предупреждение на экран смартфона, закреплённого на руле велосипеда, и одновременно включает яркий мигающий сигнал на заднем фонаре.

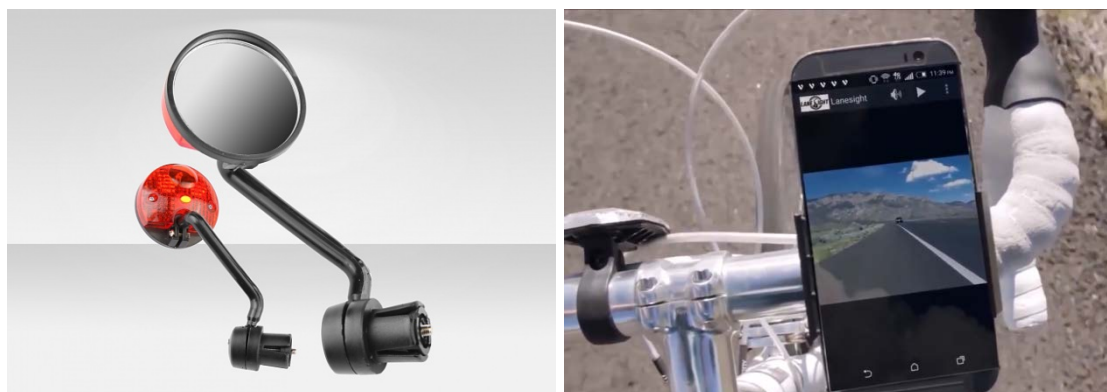


Рис. 3.8. Зеркало заднего вида и система LaneSight, использующая камеру заднего вида и смартфон

Шины

Существует четыре типа велосипедных шин. Наибольшее распространение получили бортовые (клинчерные) шины, состоящие из камеры и покрышки. До недавнего времени на шоссейных велосипедах широко применялись так называемые трубки (однотрубки): шины, в которых покрышка и камера представляют собой единую конструкцию. Но в связи с низкой устойчивостью к проколам, неудобством замены такой шины в полевых условиях и высокой стоимостью эксплуатации, обуславливаемой частыми проколами и трудоёмким ремонтом, трубки уступают место узким клинчерным шинам высокого давления.

Выбор геометрии протектора определяется компромиссом между сопротивлением качению шины и сцеплением с дорогой. На сцепление шины с дорогой влияет также давление воздуха в камере и жесткость резины, из которой изготовлена шина, а также такие устройства, как амортизационные вилки.

Кроме летних существуют и зимние велосипедные покрышки – обычные и ошипованные. В качестве материала используются синтетические полимеры, резина, синтетические мономеры.

Дизайнер Брайан Рассел (Brian Russell) разработал прототип шин, которые не требуют подкачки воздуха и не боятся проколов (рис. 3.9) [38]. Безвоздушная шина выполнена из резины, натянутой на стержни из упрочненного углеродными нанотрубками композиционного материала. Опция регулировки натяжения позволяет скорректировать колеса под определенный тип местности. Брайан планирует усовершенствовать модель, добавив экраны для защиты от грязи и мусора.

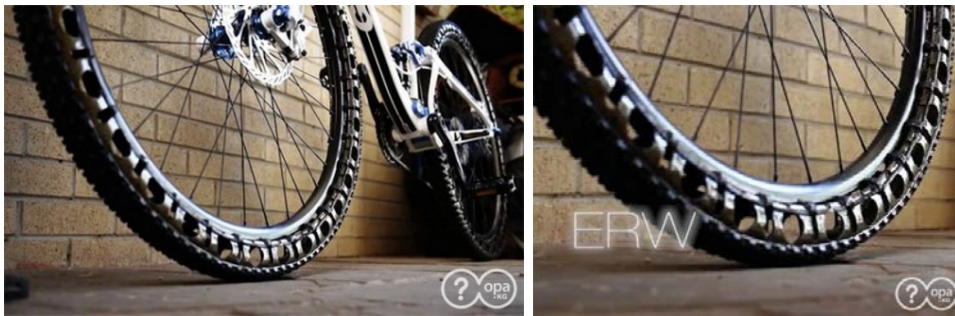


Рис. 3.9. Конструкция безвоздушных шин Брайана Рассела

Рулевая система и подвеска

Удобство и точность управления велосипедом – залог безопасности. Руль может быть самой разнообразной формы в зависимости от назначения велосипеда (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Конструкции рулевого управления велосипеда

Конструкция подвески велосипеда также играет роль в процессе обеспечения безопасности движения на велосипеде. Она должна соответствовать условиям его эксплуатации. В настоящее время конструкции подвесок велосипедов обеспечивают уверенное движение даже на самых сложных покрытиях (рис. 3.11).



Рис. 3.11. «Внедорожные» полноподвесные велосипеды

Органы управления

На безопасность движения на велосипеде также влияет удобство и надёжность переключения передач, управление тормозами, звуковым и световыми сигналами, электроприводом, навигацией и другими системами велосипеда (рис. 3.12). Все эти органы управления должны быть интуитивно понятными, эргономичными, бесконфликтными.



Рис. 3.12. Различные органы управления, размещённые на руле велосипеда

3.3. Нормативные документы по безопасности конструкции велосипедов

Вопросы безопасности конструкции велосипедов попадают в сферу действия Директивы ЕС по безопасности продукции общего назначения. В 2014 г. европейские стандарты для городских треккинг-велосипедов (EN 14764), горных велосипедов (EN14766) и гоночных велосипедов (EN 14781) были заменены международным стандартом EN ISO 4210, который также содержит требования к подростковым велосипедам. Требования к детским велосипедам устанавливает международный стандарт EN ISO 8098.

В отличие от велосипедов, электровелосипеды попадают под действие европейской Директивы о безопасности машин и европейского стандарта EN 15194. Таким образом, производители электровелосипедов должны продемонстрировать соответствие своих изделий более жёстким требованиям.

Электромобили входят в категорию L1e-B Технического регламента ЕС 168/2013, который регламентирует процедуры одобрения типа колёсных ТС.

Большинство электрических ВТС выпускаются с возможностью подзарядки от бытовой электросети. Тем не менее, существуют определённые трудности в области стандартизации общественных зарядных станций для подобных ТС. Поэтому необходимо разработать стандарты для зарядной инфраструктуры для электровелосипедов, электромобилей и электроскутеров. С технической точки зрения такая инфраструктура должна обеспечивать зарядку напряжением 60 В и током 40 А.

Развитие электрических ВТС создаёт основу для распространения цифровых технологий и в сфере ВТС, так как эти ТС имеют источник энергоснабжения для элементной базы «умных» транспортных технологий. Ожидаются прорывные разработки в использовании лазерной сварки, роботизированных сборочных линий и композитных материалов в велопроизводстве, а также совершенствование электровелосипедов.

Раздел 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ВЕЛОСИПЕДНОГО ДВИЖЕНИЯ

4.1. Общие замечания

Эффективность – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Прежде всего следует иметь в виду, что не бывает абсолютной эффективности – она всегда относительна. Поскольку цели и задачи на каждом уровне управления (от персонального до общественного) могут различаться, то и оценка эффективности должна различаться (рис. 4.1).

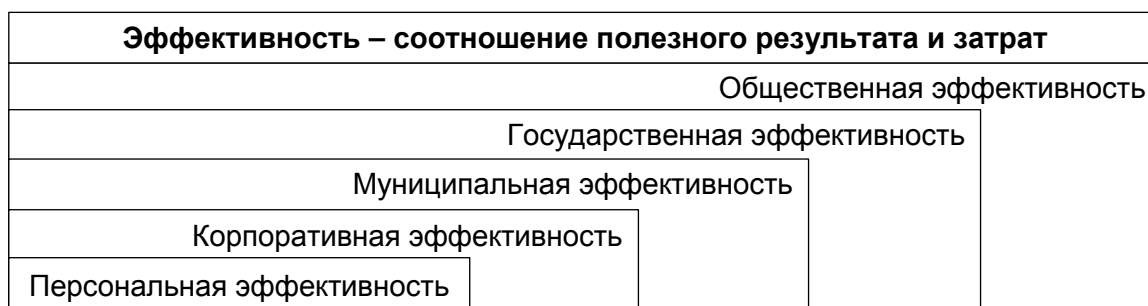


Рис. 4.1. Уровни управления при оценке эффективности велодвижения

При проведении исследований по оценке эффективности мероприятий по развитию велосипедного движения следует чётко определить субъекты таких исследований, то есть кто несёт затраты, а кто получает полезный результат. В дальнейшем будет рассматриваться общественная эффективность как наиболее общий случай (рис. 4.2).

Количественная оценка эколого-экономического эффекта от развития велосипедного движения в крупном городе может быть выполнена двумя способами: можно оценить эффективность каждого веломаршрута в отдельности или велотранспортной сети в целом. Расчёт эколого-экономического эффекта от отдельного веломаршрута проще и к тому же позволяет оценить такой критерий эффективности, как временные затраты. Однако из-за большой протяжённости и разветвлённости транспортных систем крупных городов оценить реальный вклад отдельных маршрутов затруднительно.

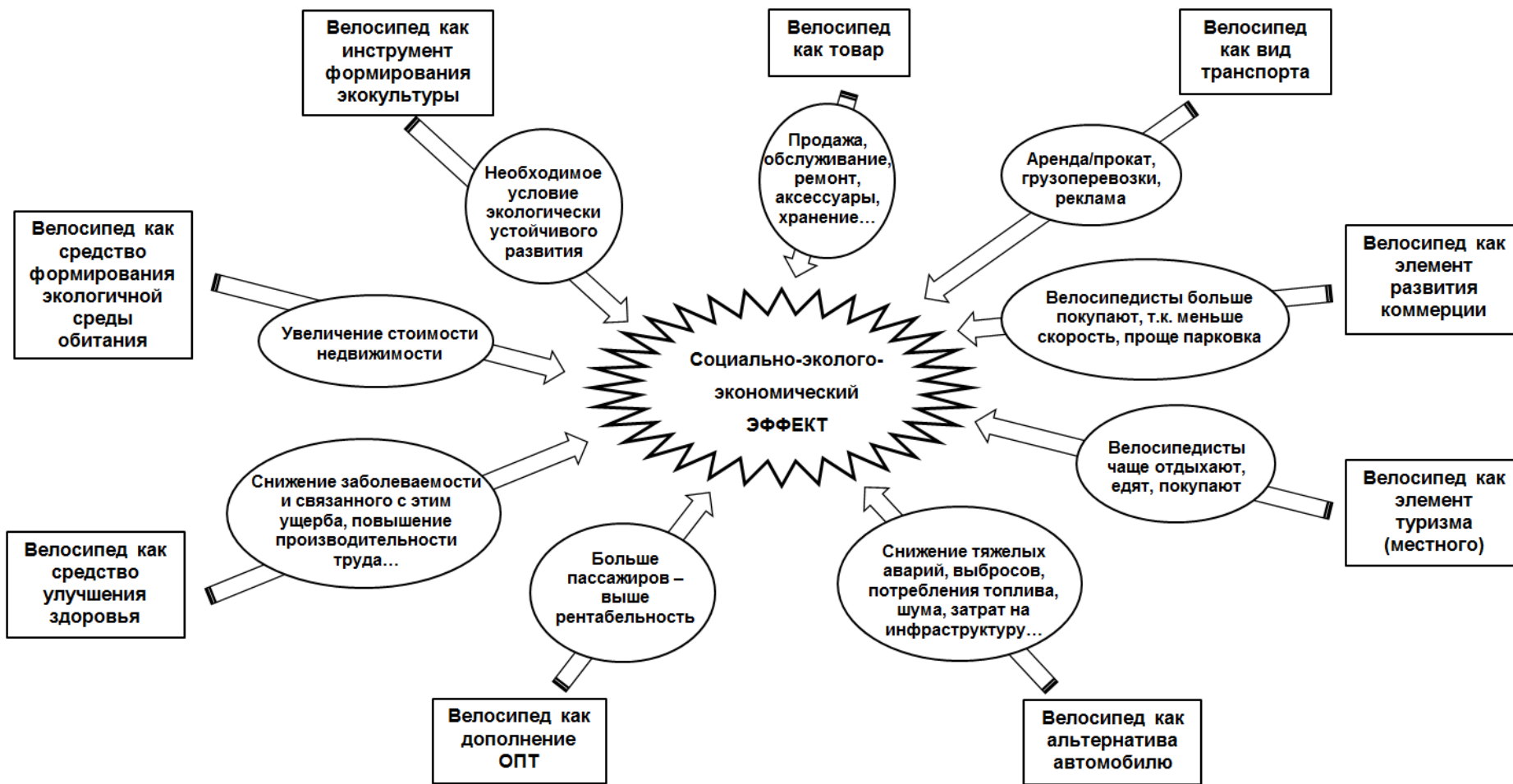


Рис. 4.2. Схема оценки социально-экономической и экологической эффективности от развития велосипедного движения

Поэтому более рационально оценивать эффект от велотранспортной сети в целом. Поскольку речь идёт о транспортной инфраструктуре, необходимо сначала оценить величину велотранспортной работы – ключевого показателя, определяющего общественно полезный результат от создания ВТИ.

Отношение величины потенциальной транспортной работы, которая может быть выполнена с использованием планируемой ВТИ, к затратам на её создание следует рассматривать как основной непосредственный показатель транспортной эффективности данной ВТИ.

Однако кроме непосредственного эффекта могут формироваться и косвенные транспортные эффекты, связанные с влиянием планируемой ВТИ на другие виды транспорта в рассматриваемом регионе. Поэтому на втором этапе следует оценить закономерности взаимного влияния всех имеющихся видов транспорта на рассматриваемой территории. Наиболее адекватным и «научным» методом для этого является транспортное моделирование. Существуют пакеты компьютерных программ, позволяющие реализовать математические модели транспортных систем различной сложности, выполняя трудоёмкие расчёты и наглядно визуализируя результаты. Среди таких пакетов – программные продукты PTV Group для моделирования и планирования ТП – PTV VISUM, VISSIM, VISWALK, OPTIMA, программные продукты Schlothauer & Wauer для автоматического расчёта сигнальных планов и разработки алгоритмов адаптивного управления светофорными объектами – LISA+, INES+, программные продукты TRL Software для моделирования и визуализации транспортных событий MotorGraph, MOVA M8, SCOOT и т.п.

При оценке общественной эффективности развития ВТИ необходимо оценить два ключевых вопроса:

1) сколько жителей станут пользоваться ВТИ? При ответе на этот вопрос следует отличать потенциальные возможности создаваемой инфраструктуры и реальную интенсивность велодвижения. Неиспользование потенциальных возможностей может быть свя-

зано с множеством факторов, суммарно определяющих субъективное восприятие потенциальными пользователями качества создаваемой ВТИ;

2) какую пользу принесёт обществу каждый пользователь? При ответе на этот вопрос следует отличать пользователей, реализующих свои транспортные потребности и пользователей, реализующих свои рекреационные потребности.

4.2. Оценка объёма велотранспортной работы

Оценку объёма велотранспортной работы, выполняемой на урбанизированной территории, можно выполнять двумя способами:

1) на основе мониторинга реальной (или смоделированной) интенсивности велосипедного движения на всех участках существующей ВТИ;

2) на основе материалов социологических опросов.

4.2.1. Оценка велотранспортной работы по результатам измерений

Этот способ применим в условиях уже имеющейся ВТИ или на этапе проведения транспортного моделирования. Предлагается осуществлять расчёт объёма транспортной работы $W(T)$, пасс.·км, выполняемой за время T , по формуле:

$$W(T) = k_u \cdot \sum_{i=1}^n L_i \cdot \int_{t=0}^T S_i(t) \cdot dt, \quad (4.1)$$

где L_i – длина i -го участка велотранспортной сети, км; $S_i(t)$ – зависимость интенсивности движения на i -м участке велосети от времени на рассматриваемом временном интервале, вел/ч; T – интервал времени, за который рассчитывается транспортная работа, ч; k_u – коэффициент неопределённости, учитывающий долю перемещений велосипедистов за пределами рассматриваемой велосети (для укрупнённых расчётов можно принять $k_u = 1,5$); n – количество участков велосети.

При отсутствии непрерывных наблюдений за интенсивностью велосипедного движения на всех участках велотранспортной сети эти данные можно получить расчётным путём, используя результаты периодических выборочных обследований на ключевых, наиболее типичных участках велосети. При этом зависимость интенсивности движения на i -м участке велосети от времени $S_i(t)$, вел/ч на рассматриваемом временном интервале определяется по формуле:

$$S_i(t) = S_{i\max} \cdot k_{ibf} \cdot \beta_s(t) \cdot \gamma_s(t) \cdot \delta_s(t), \quad (4.2)$$

где $S_{i\max}$ – максимально возможная интенсивность движения (пропускная способность), обеспечиваемая i -м участком велосети, вел/ч; k_{ibf} – наилучшее значение коэффициента фактического использования i -го участка велосети из серии выполненных наблюдений (отношение измеренной интенсивности движения к максимально возможной); $\beta_s(t)$ – обобщённая зависимость относительного изменения реальной интенсивности движения от времени года; $\gamma_s(t)$ – обобщённая зависимость относительного изменения реальной интенсивности движения от дня недели; $\delta_s(t)$ – обобщённая зависимость относительного изменения реальной интенсивности движения от времени суток.

Максимально возможная интенсивность движения S_{\max} , вел./ч, обеспечиваемая участком велотранспортной сети, определяется его пропускной способностью, которую можно определить по формуле:

$$S_{\max} = \alpha \cdot V_{\max} \cdot Q_{\max}, \quad (4.3)$$

где V_{\max} – максимальная расчётная скорость движения велосипедистов по рассматриваемому участку велосети, км/ч; α – коэффициент, зависящий от дорожных условий и типа дорог (при отсутствии реальных данных можно принять для однорядной велодорожки $\alpha = 0,9$, для двухрядной велодорожки $\alpha = 0,8$); Q_{\max} – максимальная расчётная плотность потока велосипедистов, соответствующая максимальной расчётной скорости движения V_{\max} , вел./км.

Зависимость интенсивности движения от плотности ТП называется основной характеристикой ТП. Теоретическая (без учёта коэффициента α) характеристика одnorядного ВТП показана на рис. 4.3, а пояснения даны в табл. 4.1. Приведены ориентировочные значения интенсивностей ВТП для различных типичных ситуаций.

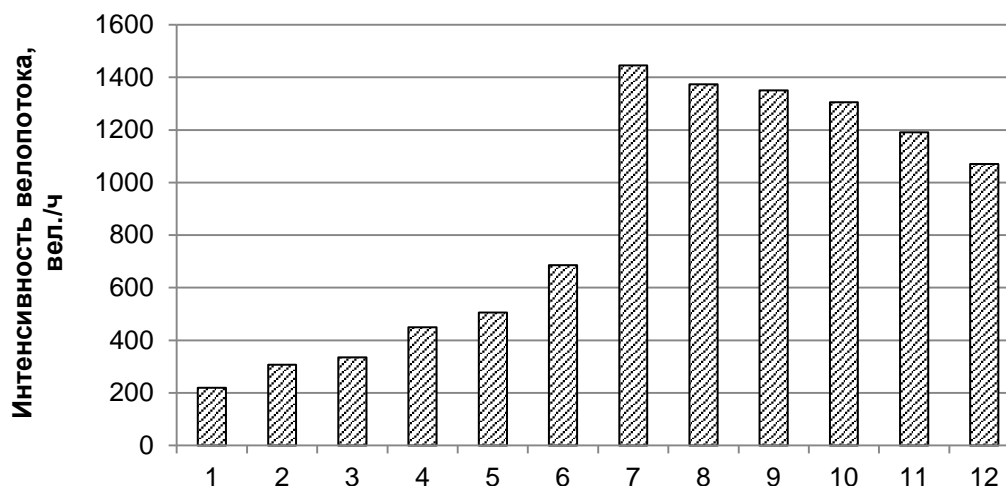


Рис. 4.3. Интенсивности одnorядного ВТП с разной плотностью велопотока для разных вариантов движения велосипедистов

Таблица 4.1

Пояснения к рис. 4.3

Номер точки на рис. 4.3	Плотность велопотока, вел./ч	Тип ВТП
1	9,1	Движение велосипедистов по дороге с автобусами в соотношении 25/75%
2	12,0	Движение велосипедистов по дороге с легковыми автомобилями в соотношении 25/75%
3	13,0	Движение велосипедистов по дороге с автобусами в соотношении 33/67%
4	17,6	Движение велосипедистов по дороге с легковыми автомобилями в соотношении 33/67%
5	19,4	Движение велосипедистов по дороге с автобусами в соотношении 50/50%
6	26,9	Движение велосипедистов по дороге с легковыми автомобилями в соотношении 50/50%
7	51,9	Велошоссе шириной 16,7 м, скорость 30 км/ч
8	74,1	Защищённая велополоса / велодорожка, скорость 20 км/ч
9	81,5	Велополоса с размеченной буферной зоной, скорость 18 км/ч
10	96,3	Велополоса, выделенная разметкой, скорость 15 км/ч
11	133,3	Разделённая велопешеходная дорожка, скорость 10 км/ч
12	169,4	Совмещённая велопешеходная дорожка, скорость 7 км/ч

Дистанция между велосипедистами определяется на основе эмпирического «правила 2 секунд», согласно которому водителям автомобилей для обеспечения безопасности рекомендуется соблюдать дистанцию D , равную расстоянию, проходимому ТС за 2 с. Так, для скорости 4 км/ч эта дистанция составляет 2,2 м, а для скорости 30 км/ч – 16,7 м.

Сезонность использования велосипеда – одна из основных проблем для развития данного вида транспорта в России. Суровость климата и обилие снега приводят к тому, что даже очень немногие активные велосипедисты (около 1%) используют велосипед как ТС в течение всего года. Поэтому коэффициент неравномерности движения $\beta_s(t)$ в течение зимних месяцев не поднимается выше 0,1. Гораздо более значительную по размерам группу (46,7%) составляют велосипедисты, использующие велосипед с ранней весны до поздней осени. Однако только третья часть представителей этой группы является по-настоящему активными велосипедистами (то есть использует велосипед не только в целях активного отдыха). Поэтому коэффициент $\beta_s(t)$ в течение весенних месяцев хотя и растёт, но достаточно медленно, лишь к середине апреля достигая величины 0,9. Затем он продолжает расти и к началу июня стабилизируется на величине 1,0. В это время активизируется третья группа велосипедистов – те, кто использует велосипед только летом. Эта группа является наиболее многочисленной (около 50%), но в неё входят в основном наиболее малоактивные велосипедисты, более 75% которых используют велосипед лишь в рекреационных целях. А со второй половины августа коэффициент неравномерности движения $\beta_s(t)$ вновь начинает уменьшаться.

Динамика изменения коэффициентов в течение года ($\beta_s(t)$) и дня недели ($\gamma_s(t)$) показана на рис. 4.4.

Результаты опросов велосипедистов, проведённых в Москве, показывают, что большинство респондентов предпочитают использовать велосипед в рекреационных целях. Следовательно, коэффициент $\gamma_s(t)$ достигает максимальных значений по пятницам и выходным

дням. В качестве максимально возможного следует принять значение вечера пятницы, так как очень многие велосипедисты, желающие активно отдохнуть после длинной рабочей недели, выезжают в это время в парки или даже за город. По выходным значение коэффициента $\gamma_s(t)$ несколько снижается (многие активные велосипедисты уезжают за город), но остается высоким (больше 0,9). Наименьшие значения коэффициента $\gamma_s(t)$ наблюдаются в будние дни, особенно в первой половине недели. В эти дни велосипедом пользуются только активные велосипедисты, которые составляют меньшинство от общего их числа. Остальные же предпочитают добираться на работу или ездить по магазинам на автомобиле или на общественном транспорте.

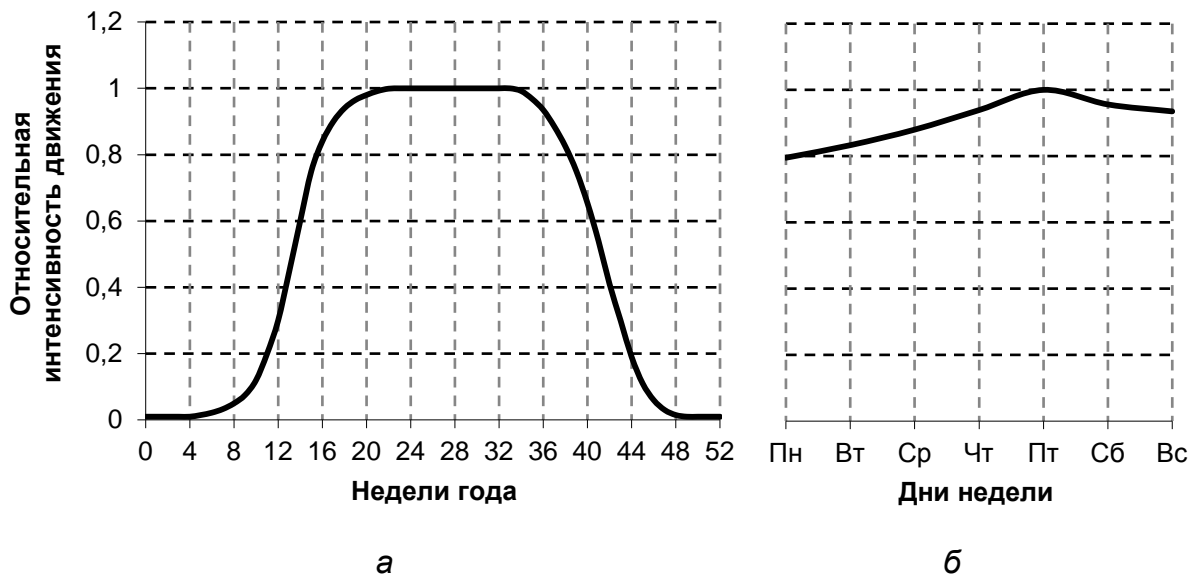


Рис. 4.4. Зависимость относительной интенсивности движения ВТП от сезона года (а) и дня недели (б)
(пример на основе обработки опросов велосипедистов в Москве)

Динамика изменения коэффициента в течение суток ($\delta_s(t)$) показана на рис. 4.5. Коэффициент $\delta_s(t)$ имеет наибольшие значения во время часа пик от 9 до 10 ч утра, когда максимальное количество людей едут на работу, а также вечером, от 18 до 19 ч, когда большое количество людей не только добирается с работы домой, но и выезжает с рекреационными целями в парки или по магазинам. Минимальные значения коэффициента $\delta_s(t)$ наблюдаются ночью, когда

даже те, кто по какой-то причине не спит, не могут использовать велосипед из-за проблем со специальным освещением. В промежуток времени с 6 до 10 ч утра наблюдается постоянный рост числа велосипедистов, так как все больше и больше людей едут на работу. Доля велосипедистов среди всех пользователей ТС также растёт, так как комфорт езды на велосипеде повышается с увеличением освещенности и температуры воздуха. После 10 ч утра наблюдается спад интенсивности движения ВТС и транспорта вообще, так как большинство пользователей ТС находятся на работе. Новый рост значения коэффициента $\delta_s(t)$ наблюдается, начиная с 16 ч, когда рабочий день заканчивается, и люди едут домой. Многие, к тому же, затем выезжают на велосипеде в целях активного отдыха. После 19 ч начинается снижение транспортной активности населения, в частности, велосипедистов. Коэффициент $\delta_s(t)$ постепенно уменьшается, достигая минимального значения (близкого к нулю) к 24 ч.

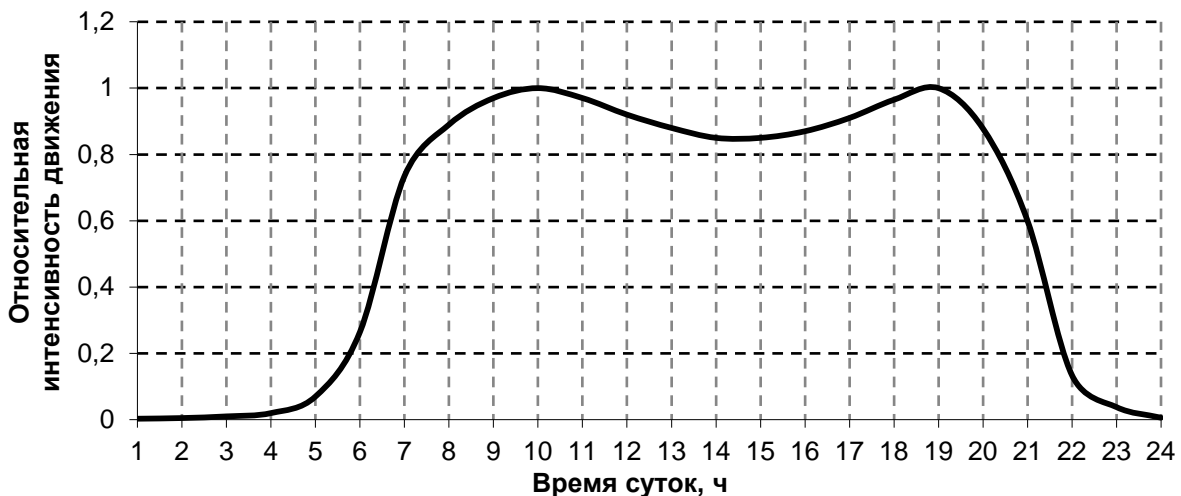


Рис. 4.5. Зависимость относительной интенсивности движения ВТП от времени суток (пример на основе обработки опросов велосипедистов в Москве)

4.2.2. Оценка транспортной работы по результатам социологических опросов населения

Предлагается осуществлять расчёт объёма транспортной работы $W(T)$, пасс·км, выполняемой за время T , по формуле:

$$W(T) = P \cdot \int_{t=0}^T \varphi(t) \cdot D(t) \cdot dt, \quad (4.4)$$

где P – количество жителей в рассматриваемом регионе, чел; $\varphi(t)$ – зависимость доли жителей, использующих велосипед, от времени на рассматриваемом временном интервале; $D(t)$ – зависимость среднесуточной длины поездок велосипедиста от времени на рассматриваемом временном интервале, км/сут.; T – интервал времени, за который рассчитывается транспортная работа, сут.

Величину $\varphi(t)$ можно рассчитать по формуле:

$$\varphi(t) = \varphi_{\max} \cdot \beta_{\varphi}(t) \cdot \gamma_{\varphi}(t) \cdot \delta_{\varphi}(t), \quad (4.5)$$

где φ_{\max} – общая (максимальная) доля жителей, использующая велосипед для передвижений, определяется на основе обработки результатов социологических опросов; $\beta_{\varphi}(t)$ – коэффициент учёта изменения доли жителей, использующих велосипед для передвижений от времени года; $\gamma_{\varphi}(t)$ – коэффициент учёта изменения доли жителей, использующих велосипед для передвижений от дня недели; $\delta_{\varphi}(t)$ – коэффициент учёта изменения доли жителей, использующих велосипед для передвижений от времени суток.

Зависимость среднесуточной длины поездок велосипедиста от времени на рассматриваемом временном интервале $D(t)$, км/сут., определяется по формуле:

$$D(t) = D_{\max} \cdot \beta_D(t) \cdot \gamma_D(t), \quad (4.6)$$

где D_{\max} – максимальное расчётное среднесуточное расстояние передвижений на велосипеде, км/сут., определяется на основе обработки результатов социологических опросов (для укрупнённых расчётов принимается $D_{\max} = 10$ км/сут.); $\beta_D(t)$ – коэффициент учёта изменения среднесуточного расстояния передвижений на велосипеде от времени года; $\gamma_D(t)$ – коэффициент учёта изменения среднесуточного расстояния передвижений на велосипеде от дня недели.

Коэффициенты, корректирующие величину интенсивности движения ВТС, можно принять на основании социологических опросов

населения. Наиболее объективные результаты были получены в Москве. Примерно половина опрошенных жителей города (47,3%) имеют велосипеды. Но из них лишь около 7% используют его регулярно, а не только в рекреационных целях. Таким образом, достаточно активными велосипедистами являются порядка 3% населения города. В то же время, по сравнению с другими городами нашей страны, Москва является городом с достаточно развитым велосипедным движением. Для прочих городов при расчётах целесообразнее принимать долю активных велосипедистов за 1% от всего населения ($\varphi_{\max} = 0,01$).

Коэффициент $\gamma_{\varphi}(t)$ определяется на основе социологических опросов населения. Его можно также рассчитать по формуле:

$$\gamma_{\varphi}(t) = \sum \left(q_i \cdot \frac{k_i}{7} \right), \quad (4.7)$$

где q_i – вероятность события; k_i – число дней в неделе, когда в качестве основного ТС используется велосипед.

Величина q_i характеризует уровень использования велосипедов местными жителями. В большинстве случаев удобно допустить, что люди используют велосипед тремя способами:

- ежедневно (q_1);
- только по рабочим дням (q_2) – 5 дней в неделю;
- только по выходным дням (q_3) – 2 дня в неделю.

Тогда величину $\gamma_{\varphi}(t)$ можно рассчитать по формуле:

$$\gamma_{\varphi}(t) = q_1 + \left(q_2 \cdot \frac{5}{7} \right) + \left(q_3 \cdot \frac{2}{7} \right). \quad (4.8)$$

Социологические опросы, проведённые в Москве, показывают, что для наибольшего числа опрошенных велосипедистов (70%) приемлемыми являются поездки длиной до 10 км, то есть для Москвы можно принять $D_{\max} = 10$ км/сутки.

Величина коэффициента $\beta_D(t)$ меняется по той же закономерности, что и величина $\beta_S(t)$: также не превышает значения 0,1 в зимние

месяцы. Но затем начинает расти, и темп её роста превышает темп роста величины $\beta_S(t)$ в связи с тем, что с наступлением теплого периода года всё больше велосипедистов начинают использовать велосипед в целях активного отдыха. А рекреационные поездки в большинстве случаев не привязаны к конкретным маршрутам и не имеют ограничения по времени. Поэтому в хорошую погоду их протяжённость значительно превышает протяжённость деловых поездок. И величина коэффициента $\beta_D(t)$ в летние месяцы может превысить значение 0,5...0,6. Начиная с сентября, это значение начинает уменьшаться, так как число рекреационных поездок на велосипеде уменьшается и вновь растёт доля деловых поездок, которые привязаны к конкретным маршрутам. Длина этих маршрутов редко превышает 3...5 км и продолжает уменьшаться в течение осенних месяцев из-за ухудшения погодных условий и сокращения продолжительности светлого времени суток. В декабре значение коэффициента $\beta_D(t)$ опускается до минимума (около 0,05). Динамика изменения коэффициента $\beta_D(t)$ в течение всего года показана на рис. 4.6, а.

Величина коэффициента $\gamma_D(t)$ меняется по той же закономерности, что и величина $\gamma_S(t)$, достигая максимальных значений во второй половине недели (с пятницы по воскресенье) (рис. 4.6, б). Но максимального значения $\gamma_D(t)$ достигает не по пятницам, а на выходных. Это связано с тем, что поездки на велосипеде по выходным дням носят в основном рекреационный характер, они могут быть значительно протяжённее пятничных поездок, когда в распоряжении велосипедистов остается только вторая половина дня и вечернее время суток. До наименьшей величины коэффициент $\gamma_D(t)$ снижается в будние дни, когда велосипедные поездки носят в основном деловой характер и ограничены во времени. Протяжённость таких поездок обычно невелика. А для поездок на более длинные расстояния даже активные велосипедисты предпочитают использовать более скоростные виды транспорта.

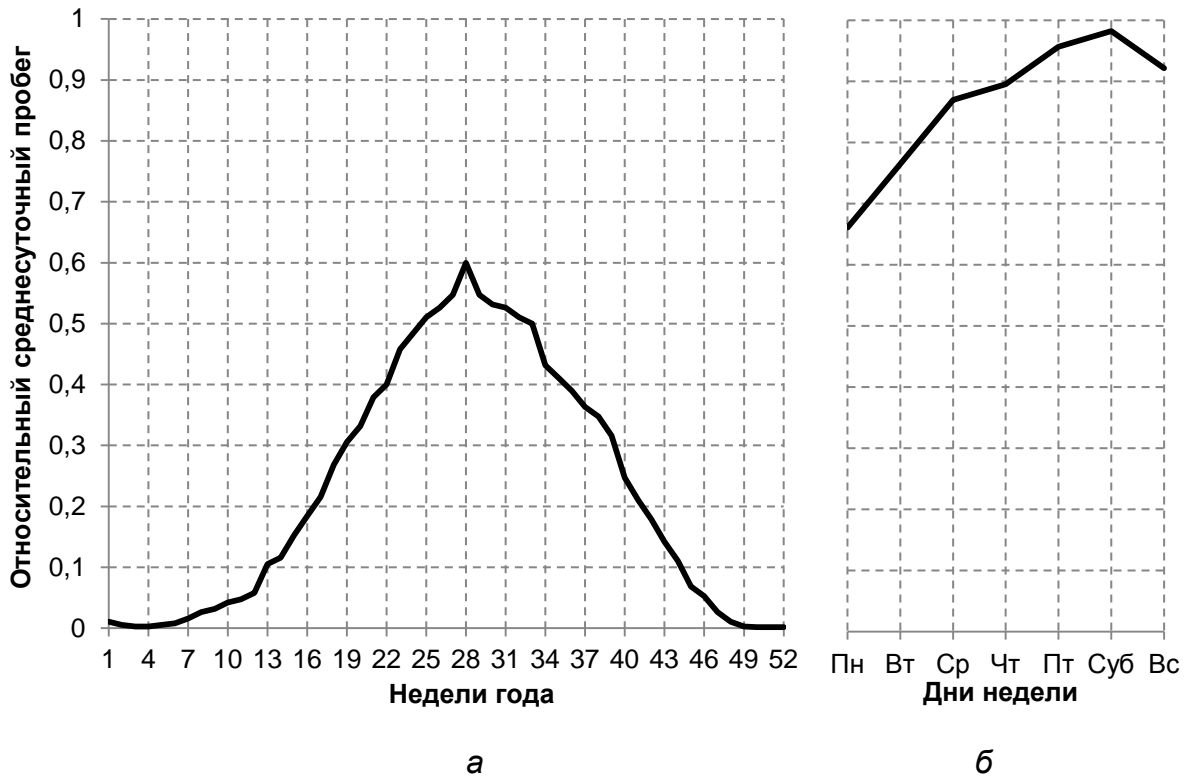


Рис. 4.6. Относительное значение среднесуточного пробега велосипедистов в зависимости от сезона года (а) и дня недели (б)

Уровень использования велосипедного транспорта может быть рассчитан исходя из общего количества людей, использующих какой-либо вид транспорта и данных социологических опросов, учитывающих, какой вид транспорта предпочитает респондент и для какой цели. К основным видам транспорта, которые можно использовать в условиях большого города (например, Москвы), относятся: личный автомобиль, общественный транспорт, велосипед, пешая прогулка. Соотношение уровней использования этих четырёх видов транспорта можно рассчитать по формуле:

$$P_{\text{авт}} + P_{\text{от}} + P_{\text{вел}} + P_{\text{пеш}} = 1, \quad (4.9)$$

где $P_{\text{авт}}$, $P_{\text{от}}$, $P_{\text{вел}}$ – доля пользователей ТС, использующих в качестве основного средства передвижения соответственно автомобиль, общественный транспорт, велосипед ($P_{\text{вел}} = \varphi_{\text{max}}$); $P_{\text{пеш}}$ – доля пользователей ТС, передвигающихся пешком.

Соотношение использования разных видов транспорта при равной их доступности зависит от расстояния, которое необходимо преодолеть; цели поездки; наличия у опрашиваемого владельца велосипеда; возраста и физических возможностей велосипедиста.

На основании статистических данных можно рассчитать долю пользователей любого ТС, используя следующую формулу:

$$P_i = q_i \cdot w_i, \quad (4.10)$$

где q_i – вероятность события; w_i – доля данного события среди всех происходящих.

Доступность ТС в каждом отдельно взятом районе изначально неодинакова. К сожалению, в нашей стране уделяется мало внимания развитию велосипедного транспорта, поэтому его доступность в большинстве случаев значительно ниже, чем конкурирующих с ним ТС. То же самое, правда в меньшей степени, относится и к пешеходному движению. Однако с ростом числа велосипедистов интенсивность использования других ТС населением будет снижаться:

$$\Delta P_i = \delta \cdot P_{\text{вел}}, \quad (4.11)$$

где ΔP_i – снижение автотранспортной работы за год в пасс-км; δ – коэффициент, показывающий вклад пользователей i -го вида ТС в рост числа велосипедистов (33% на основании опросов).

Снижение уровня использования автомобилей будет, прежде всего, выражаться в уменьшении интенсивности их движения, а также величины их суммарного пробега. Данную зависимость можно показать в виде следующего уравнения:

$$\Delta(N \cdot L) = \frac{\Delta P_i}{K_c}, \quad (4.12)$$

где K_c – средний коэффициент наполнения салона автомобиля ($K_c = 1,8$ на основе статистических данных).

Выражая величину ΔP_i через $P_{\text{вел}}$, можно получить зависимость снижения уровня использования автомобилей от интенсивности движения велосипедистов:

$$\Delta(N \cdot L) = \delta \cdot \frac{P_{\text{вел}}}{K_c}. \quad (4.13)$$

4.3. Оценка транспортной эффективности веломаршрута

При проектировании ВТИ одним из наиболее важных вопросов является трассировка веломаршрутов и разработка мер по повышению их качества. В первую очередь веломаршруты следует создавать там, где ожидается их наибольшая *транспортная эффективность*. Она определяется тем, насколько веломаршрут обеспечивает велосипедисту возможность достигнуть пункта назначения с наименьшей затратой времени и усилий. Измерителями транспортной эффективности могут быть следующие показатели.

Фактор извилистости веломаршрута – отношение разности между длиной веломаршрута и расстоянием между начальной и конечной точками веломаршрута по прямой к расстоянию между начальной и конечной точками веломаршрута по прямой.

Относительное сокращение времени перемещения при пользовании веломаршрутом – экономия времени велосипедистом по сравнению с пешеходом, автомобилистом или пассажиром общественного транспорта при перемещении из одной точки в другую.

Коэффициент приспособленности веломаршрута k_A определяется как отношение теоретического времени движения велосипедиста по идеальному веломаршруту такой же протяжённости к фактическому времени движения велосипедиста по данному веломаршруту по формуле:

$$k_A = \frac{t_{TV}}{t_{FV}} \cdot 100, \%, \quad (4.14)$$

где t_{FV} – фактическое время, затрачиваемое велосипедистом на преодоление веломаршрута с учётом задержек, с; t_{TV} – теоретическое

время, затрачиваемое велосипедистом на преодоление веломаршрута в идеальных условиях, с.

Теоретическое время, затрачиваемое велосипедистом на преодоление маршрута в идеальных условиях t_{ITV} , определяется по формуле:

$$t_{ITV} = \sum_{j=1}^n \frac{3,6 \cdot D_j}{V_{jITV}}, \quad (4.15)$$

где D_j – длина j -го участка веломаршрута, м; V_{jITV} – теоретическая скорость движения велосипедиста на j -м участке веломаршрута, км/ч; n – количество участков веломаршрута, имеющих различный продольный уклон.

Теоретическая скорость движения велосипедиста V_{ITV} определяется в зависимости от продольного уклона участка дороги S (в %) по формулам:

$$V_{ITV} = -0,5 \cdot S + 25, \text{ при } -10 < S < 40, \quad (4.16)$$

$$V_{ITV} = 30, \text{ при } S \leq -10,$$

или по графику, представленному на рис. 4.7.



Рис. 4.7. Зависимость теоретической скорости движения велосипедиста V_{ITV} от уклона дороги S

Фактическое время, затрачиваемое велосипедистом на преодоление маршрута t_{FV} , определяется по формулам:

$$\begin{aligned} t_{FV} &= t_{ITV} + \Delta t_V, \\ \Delta t_V &= \sum_{i=0}^m \tau_i \cdot c_i, \end{aligned} \quad (4.17)$$

где Δt_V – суммарная продолжительность задержек велосипедиста на веломаршруте, связанных с преодолением различных препятствий, с; τ_i – удельная норма потери времени велосипедистом на преодоление i -го препятствия (табл. 4.2); c_i – расчётная характеристика i -го препятствия на веломаршруте (табл. 4.2); m – количество препятствий на веломаршруте.

Для определения величины удельной нормы потери времени велосипедистом при движении по совмещённой велопешеходной дорожке (тротуару) совместно с пешеходами τ , с/км, используется эмпирическая математическая модель, описываемая уравнением:

$$\tau = 0,0071 \cdot d^3 - 0,9995 \cdot d^2 + 47,333 \cdot d, \text{ при } 0 \leq d \leq 50, \quad (4.18)$$

где d – плотность пешеходов на пути следования (чел./100 м²).

Для определения величины удельной нормы потери времени велосипедистом при движении по правой стороне проезжей части дороги при наличии помех (припаркованных автомобилей, луж и т.п.) τ , с/км, используется эмпирическая математическая модель, описываемая уравнением:

$$\tau = -0,0081 \cdot f^3 + 0,0691 \cdot f^2 + 6,6719 \cdot f, \text{ при } 0 \leq f \leq 20, \quad (4.19)$$

где f – частота помех на пути следования (ед./100 м).

Нормы потери времени велосипедиста на преодоление препятствий различного типа представлены в табл. 4.2 [39].

Таблица 4.2

Нормы потери времени велосипедистом на преодоление
препятствий различного типа

№ п/п	Тип препятствия	Причина задержки	Удельная норма потери времени τ_i	c_i
1	Поворот	Время торможения-разгона	Задержка $\tau = 5$ с	–
2	Бордюр	Время торможения-разгона	Задержка $\tau = 5$ с	–
3	Лестница	Спуск и подъём по лестнице плюс время торможения-разгона	Задержка $\tau = zs/2 + 5$, с, где zs – количество ступеней	–
4	Нерегулируемый переход	Время ожидания, время передвижения по переходу плюс время торможения-разгона	Задержка $\tau = t_w + 3,6 \cdot L/5 + 5$, с, где t_w – время ожидания возможности перехода, с; L – длина перехода, м	–
5	Светофорный переход	Половина запрещающей фазы светофора, время передвижения по переходу плюс время торможения-разгона	Задержка $\tau = t_s/2 + 3,6 \cdot L/5 + 5$, с, где t_s – время запрещающей фазы светофора, с; L – длина перехода, м	–
6	Внеуличный переход, не оборудованный пандусом	Спуск и подъём по лестнице, время передвижения по переходу плюс время торможения-разгона	Задержка $\tau = zs/2 + 3,6 \cdot L/5 + 5$, с, где zs – общее количество ступеней (вверх и вниз); L – длина перехода, м	–
7	Внеуличный переход, оборудованный пандусом	Спуск и подъём по пандусу, время передвижения по переходу плюс время торможения-разгона	Задержка $\tau = 3,6 \cdot L/5 + 5$, с, где L – суммарная длина перехода и пандуса, м	–
8	Движение по совмещённой велосипедной дорожке (тротуару) совместно с пешеходами	Снижение скорости для обеспечения безопасности движения	Удельная задержка $\tau = 0,0071d^3 - 0,9995d^2 + 47,333d$, с/км, при $0 \leq d \leq 50$; где d – плотность потока пешеходов на пути следования, чел./100 м ²	Длина участка, км
9	Движение по правой стороне проезжей части дороги при наличии помех	Снижение скорости для обеспечения безопасности движения	Удельная задержка $\tau = -0,0081f^3 + 0,0691f^2 + 6,6719f$, с/км, при $0 \leq f \leq 20$, где f – частота помех на пути следования, ед./100 м	Длина участка, км
10	Движение по внутриворотовой территории	Снижение скорости для обеспечения безопасности движения	Удельная задержка $\tau = 96$ с/км	Длина участка, км
11	Парковка	Снижение скорости, процедура парковки	Задержка $\tau = 25$ с	–

Примечания.

1. При отсутствии фактических данных можно ориентировочно принимать значение времени ожидания возможности перехода на нерегулируемом пешеходном переходе $t_w = 10$ с.

2. При отсутствии фактических данных можно ориентировочно принимать значение времени запрещающей фазы светофора на регулируемом пешеходном переходе $t_s = 40$ с.

3. При отсутствии фактических данных можно ориентировочно принимать значение плотности потока пешеходов на пути следования по тротуару по его качественному описанию:

- «практически свободно» $d = 2$ чел./100 м²;
- «слабое движение» $d = 5$ чел./100 м²;
- «умеренное движение» $d = 10$ чел./100 м²;
- «плотное движение» $d = 20$ чел./100 м².

При $d > 20$ чел./100 м² движение на велосипеде по тротуару становится практически невозможным. Скорость велосипедиста приближается к скорости пешеходного потока.

4. При отсутствии фактических данных можно ориентировочно принимать значение частоты помех на пути следования по проезжей части по её качественному описанию:

- «парковка автомобилей запрещена» $f = 1$ ед./100 м;
- «парковка автомобилей под углом 45° или 90°» $f = 2$ ед./100 м;
- «эпизодическая парковка автомобилей в ряд» $f = 5$ ед./100 м;
- «частая парковка автомобилей в ряд» $f = 10$ ед./100 м;
- «плотная парковка автомобилей в ряд» $f = 20$ ед./100 м.

При $f = 20$ ед./100 м скорость движения на велосипеде по проезжей части снижается до 15 км/ч, что соответствует удельной задержке $\tau = 96$ с/км.

4.4. Оценка безопасности веломаршрута и велотранспортной инфраструктуры

4.4.1. Общие замечания

Безопасность велосипедистов, а также пешеходов в городском уличном пространстве зависит от целого ряда факторов. Наиболее существенными из них являются:

- доступность ВТС (частный велосипед или взятый на прокат,

соответствие конструкции массогабаритным показателям велосипедиста, возможность транспортировки сумки, груза, ребенка, масса велосипеда, транспортируемость конструкции, состояние тормозов, профиля шин, световая сигнализация, навигация, доля спортивных велосипедов в ВТП и др.);

- потребность и возможность использования велосипеда в общественном дорожном пространстве (возраст, пол, профессия, состояние здоровья, уровень благосостояния, статус жителя, желание совершать регулярные поездки);

- индивидуальные характеристики езды каждого участника велодвижения (протяжённость маршрута, время в пути, средняя скорость движения, поездки в холодную или ненастную погоду);

- транспортное поведение (наличие велосипедного шлема, соблюдение ПДД, конфликтность с другими участниками движения – водителями автомобилей, велосипедистами, пешеходами);

- наличие безопасной и развитой ВТИ в городах.

При этом, как показывает зарубежный опыт, ожидаемое в будущем увеличение доли велосипедного движения в общей работе транспорта и изменение состава ТП по группам пользователей из-за роста электровелосипедов, несомненно, приведут к росту требований к безопасности движения велосипедистов и пешеходов на соответствующих маршрутах движения.

В этой связи важно на основе междисциплинарных исследований установить и оценить значения показателей безопасности на разных ступенях автомобильного, велосипедного, велопешеходного движения от начала до конца маршрута, то есть когда потенциально может возникнуть опасность ДТП.

В настоящее время такие оценки можно получить только на основании анализа зарубежного опыта и экспертных оценок специалистов в области транспортного планирования, организации и безопасности движения, других смежных дисциплин (транспортная психология и медицина, педагогика, управление социальными системами). В

дальнейшем полученные предварительные оценки по данной методике должны уточняться.

Для оценки безопасности ВТИ можно использовать различные подходы [40]:

1) *статистический подход* – показателем безопасности являются показатели аварийности, полученные на основании анализа статистики:

- число ДТП с велосипедистами;
- тяжесть последствий ДТП (число погибших, раненых, пострадавших);
- величина материального ущерба;
- удельные показатели (на 1 млн авт.·км, на 100 тыс. населения, на 10 тыс. ед. подвижного состава, на 1000 вел.·км и др.);

2) *рекогносцировочный подход* – установление потенциальных опасностей – очагов аварийности на маршруте – осуществляется путём езды на велосипеде от начала до конца маршрута;

3) *методический подход* – экспертный анализ опасностей, содержательных моделей процессов и явлений, анализ рисков с использованием показателей «уровень конфликтности» или «уровень риска».

Существуют следующие проблемы при реализации статистического метода:

1) достоверность учёта структуры удельных затрат велосипедистов при совершении ДТП, оценки численности людей, пользующихся велосипедами, и пройденного расстояния;

2) ДТП с велосипедистами часто не регистрируются вследствие отсутствия претензий участников движения из-за незначительного ущерба здоровью и имуществу, субъективности сотрудников ГИБДД.

Рекогносцировочный подход требует больших временных затрат и людских ресурсов для достижения достоверности. Такой подход оправдан лишь на единичных коротких маршрутах.

Для оценки безопасности ВТИ (как существующей, так и пер-

4	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	0,3	
5	0,2	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	
6	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	30...40
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
4	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	
5	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	
6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,55	0,55	
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	40...50
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
4	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	
5	0,3	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5	
6	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	50...60
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
4	0,3	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5	
5	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	
6	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	

*Типы велодорожек: 1 – велосипедная дорожка изолированная; 2 – вело-пешеходная дорожка с разделением пешеходного и велосипедного движения; 3 – велопешеходная дорожка без разделения пешеходного и велосипедного движения; 4 – велосипедная дорожка обособленная; 5 – велосипедная полоса; 6 – велодорожка/велополоса отсутствуют или недостаточно места для её обустройства.

Таблица 4.4

Матрица степеней опасности для велосипедистов на перекрёстках
(экспертные оценки МАДИ)

Тип вело- дорожки	Интенсивность движения, авт./ч						Тип пере- крёстка
	<300	300... 600	600... 900	900... 1200	1200... 1500	>1500	
	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	-	-	Круговой
2	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	
4	0,4	0,45	0,45	0,5	0,55	0,6	
5	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65	
6	0,45	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	
1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	Примыка- ние с дво- ровых
2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	
3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	

4	0,4	0,4	0,45	0,55	0,6	0,65	территорий
5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	
6	0,5	0,5	0,55	0,65	0,7	0,75	

Окончание табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	Т-образный
2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	
3	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	
4	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	
5	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	
6	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	
1	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	Крестообразный
2	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	
3	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	
4	0,55	0,6	0,6	0,65	0,7	0,75	
5	0,6	0,65	0,65	0,7	0,75	0,8	
6	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	

В таблице 4.5 приведены характеристики движения и виды обращающегося транспорта на типичных городских дорогах и улицах разных категорий, используемые для построения картограмм опасности велосипедных маршрутов. Также для оценки скоростей и интенсивностей движения для дорог и улиц, по которым проходят веломаршруты, можно использовать статистические данные, полученные с помощью инструмента «Дорожная ситуация» поисково-информационной картографической службы «Яндекс.Карты».

Таблица 4.5

Характеристики движения и виды обращающегося транспорта на городских дорогах и улицах разных категорий [44]

Категория улиц и дорог	Основное назначение улиц и дорог	Характеристика движения и виды обращающегося транспорта, особенности проектирования	V^* , км/ч	N^* , тыс. прив. авт./ч
1	2	3	4	5
Магистральные улицы и дороги общегородского значения регулируемого движения (МРД)	Транспортная связь в пределах города между жилыми промышленными районами и общественными центрами, а также с магистральными улицами непрерывного движения	Регулируемое. Все виды транспорта, кроме мопедов и велосипедов. Пересечения преимущественно в одном уровне, отдельные узлы могут устраиваться в разных уровнях. Возможно устройство боковых и местных проездов	80	2...3

Магистральные улицы районного значения (РМ)	Транспортная связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения	Регулируемое. Все виды транспорта. Велосипеды только при наличии велодорожек. В жилых зонах преобладает движение общественного и легкового транспорта, в промышленно-складских зонах – грузовых автомобилей. Пересечения в одном уровне	80	1,5...2
---	---	---	----	---------

Окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5
Улицы и дороги местного значения (УДМ), жилые улицы (ЖУ)	Транспортная связь микрорайонов и групп жилых зданий с РМ	Преимущественно транспорт, обслуживающий район, как исключение – пропуск 1...2 маршрутов общественного транспорта	60	0,3...0,9
Проезды внутримикрорайонные (внутриквартальные)				
Главные	Транспортная связь нескольких групп жилых домов с УДМ и с РМ. Могут рассматриваться как ЖУ	Транспорт, обслуживающий микрорайоны. Общественный транспорт отсутствует	40	-
Основные	Транспортная и пешеходная связь отдельных групп жилых домов, а также общественных и культурно-бытовых учреждений между собой, с главными проездами, ЖУ и РМ	То же	30	-

* V – расчётная скорость движения, км/ч; N – ориентировочная интенсивность движения в одном направлении, тыс. прив. авт./ч.

Для оценки опасности веломаршрутов выделены 4 диапазона степеней опасности:

- зелёный – безопасный ($\sigma = 0...0,2$);
- жёлтый – малоопасный ($\sigma = 0,2...0,5$);
- оранжевый – опасный ($\sigma = 0,5...0,7$);
- красный – очень опасный ($\sigma \geq 0,7$).

Для проведения оценки степеней опасности участков дорог и улиц, по которым проходят (или будут проходить в перспективе) велосипедные маршруты, сначала определяются ориентировочные скорости и интенсивности движения автотранспорта с использованием табл. 4.5, службы «Яндекс.карты» и инструмента «Яндекс.панорамы». Далее улица разбивается на прямолинейные участки и перекрёстки, для которых по табл. 4.3 и 4.4 определяются степени опасности в зависимости от типа велодорожки, скорости и интенсивности

движения. Схематичное изображение методики дано на рис. 4.8. Для наглядности каждой степени опасности можно присвоить свой цвет и полученные результаты оценки нанести на карту.

По разработанной методике с использованием результатов мониторинга и прогнозов перспективной велосипедной сети построены картограммы опасности КС на велотранспортной сети г. Казани и г. Калининграда. Расчёты показали, что из 116,725 км перспективных маршрутов г. Казани 90,857 км будут безопасными, 19,605 км – малоопасными и 4,907 км – опасными и 1,356 км – очень опасными; в г. Калининграде из 72,101 км перспективных маршрутов 66,183 км будут безопасными, 4,534 км – малоопасными и 1,384 км – опасными (рис. 4.9).

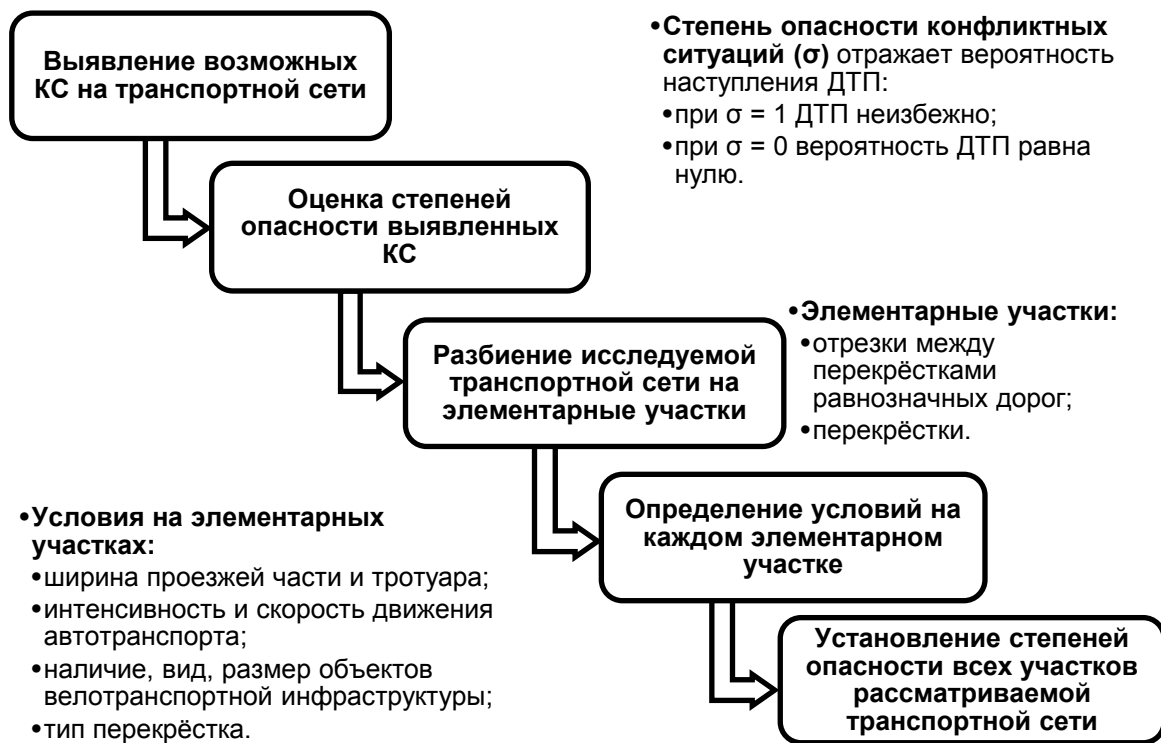


Рис. 4.8. Реализация вероятностного метода оценки безопасности ВТИ

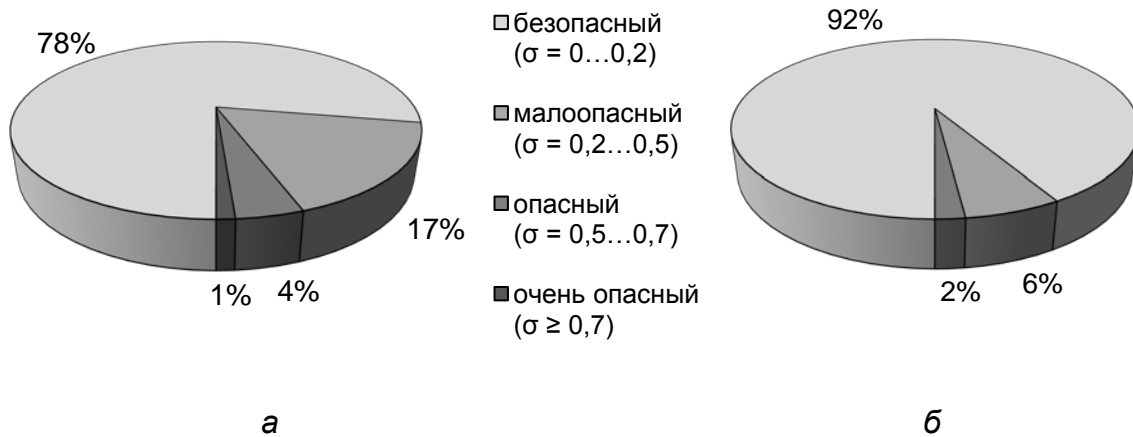


Рис. 4.9. Степени опасности перспективных велотранспортных сетей:
 а) г. Казань (общая протяжённость 116,73 км);
 б) г. Калининград (общая протяжённость 72,1 км)

Развитие ВТИ стимулирует население городов использовать велосипед вместо личного автомобиля или общественного транспорта. При уменьшении количества ТС, передвигающихся по улицам города, будет наблюдаться снижение выбросов ЗВ с отработавшими газами и в том числе – парниковых газов.

На основании проведённого анализа зарубежного опыта функционирования велосипедных транспортных сетей, зарубежных и отечественных нормативных методических документов были выявлены следующие типичные в архитектурно-планировочном плане мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности объектов ВТИ [45, 46, 47, 48, 49]:

- 1) обеспечение расстояния видимости;
- 2) успокоение движения ТП;
- 3) обеспечение запрета доступа ТС на ВТИ;
- 4) велодвижение на улицах с односторонним движением;
- 5) велополосы и парковка автомобилей;
- 6) тротуары – взаимное расположение пешеходной и ВТИ;
- 7) пересечения в одном уровне – перекрёстки;
- 8) пересечения в одном уровне – кольцевые пересечения;
- 9) пересечения в одном уровне – пересечения велодорожек с улицами и дорогами.

Предполагается, что обеспечение безопасности веломаршрутов будет способствовать увеличению количества людей, предпочитающих передвижение на велосипеде движению на автомобиле.

Оценка эффективности этих мероприятий в части снижения потребления энергии, уровня загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов транспортной системой города проводится по следующему алгоритму.

1. *Анализ прохождения* всех рассматриваемых существующих и перспективных велосипедных маршрутов на территории города.

2. *Оценка значимости* (повторяемости) каждого из мероприятий на каждом перспективном веломаршруте. Производится с использованием, например, службы «Яндекс.карты».

Так, для обоих городов Казани и Калининграда наиболее значимыми (часто повторяющимися) мероприятиями являются:

- обеспечение расстояния видимости (1);
- обеспечение запрета доступа ТС на ВТИ (3);
- тротуары – взаимное расположение пешеходной и ВТИ (6);
- пересечения в одном уровне – перекрёстки (7).

3. *Оценка валовых выбросов* парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O), других ЗВ (CO , NO_x , PM) на каждом из рассматриваемых велосипедных маршрутов для двух сценариев:

1) отсутствие ВТИ; население предпочитает использовать личный автомобиль;

2) наличие ВТИ, обеспечивающей безопасность велосипедистов на перспективных веломаршрутах; часть населения использует велосипед вместо личного автомобиля для совершения деловых, трудовых и культурно-бытовых поездок.

Для расчётов валовых выбросов ЗВ и парниковых газов, а также потребления моторного топлива могут использоваться разные методики и программные комплексы (НИИАТ, Copert, ГЭФ и др.). Результаты расчётов валовых выбросов парниковых газов для городов Казани и Калининграда по программе Copert [50] приведены на рис. 4.10.

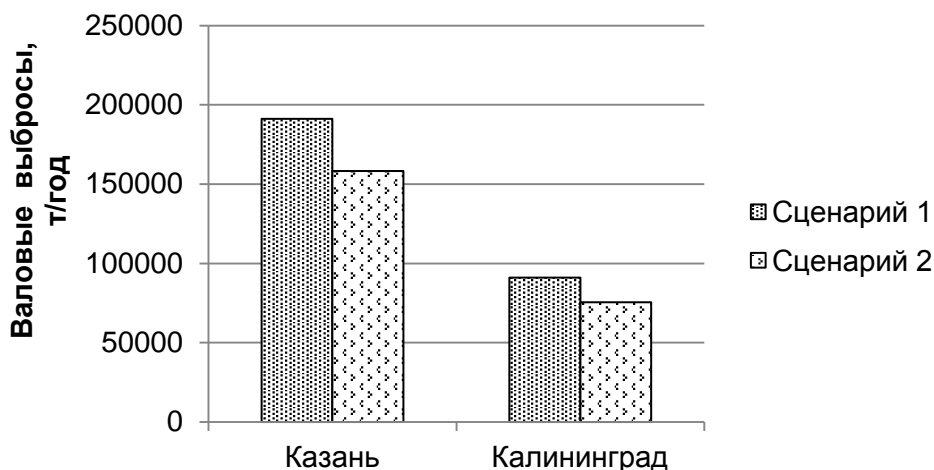


Рис. 4.10. Валовые выбросы парниковых газов при внедрении мероприятий по обеспечению безопасности ВТИ для двух сценариев в городах Казани и Калининграде, тСО₂-экв./год

Из рисунка 4.10 следует, что при внедрении мероприятий по обеспечению безопасности ВТИ может быть обеспечено суммарное сокращение валовых выбросов парниковых газов транспортной системой г. Казани на 32842,2 тСО₂-экв./год (на 17,2%), транспортной системой г. Калининграда – на 15446,0 тСО₂-экв./год (на 17%).

На рисунке 4.11 приведены результаты оценки энергопотребления для двух сценариев при внедрении мероприятий по обеспечению безопасности ВТИ в городах Казани и Калининграде.

4. Оценка влияния выбранных мероприятий по повышению БДД на экологические показатели функционирования городских транспортных систем.

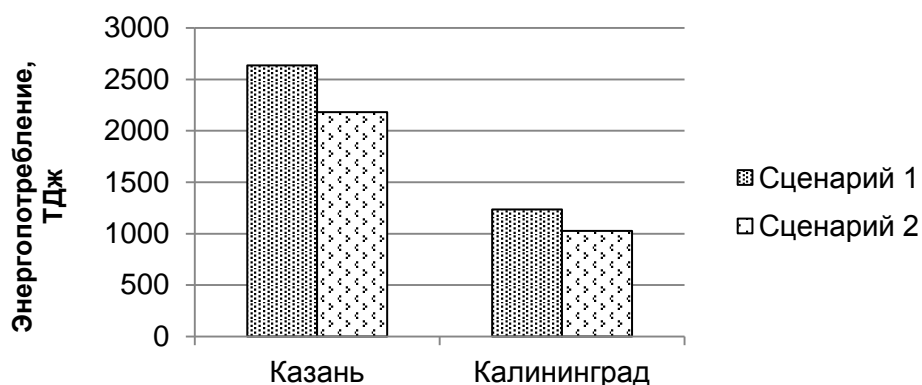


Рис. 4.11. Энергопотребление для двух сценариев при внедрении мероприятий по обеспечению безопасности ВТИ в городах Казани и Калининграде, ТДж/год

На рисунке 4.12 приведены результаты снижения валовых выбросов парниковых газов при реализации отдельных мероприятий обеспечения безопасности на всех рассматриваемых перспективных велосипедных маршрутах по городам в целом. Снижение энергопотребления от экономии топлива имеет такие же соотношения по разным мероприятиям.

Из рисунка 4.12 также можно видеть, что наиболее эффективными мероприятиями по обеспечению безопасности ВТИ с точки зрения сокращения валовых выбросов парниковых газов и энергосбережения в рассматриваемых городах являются:

- обеспечение расстояния видимости;
- обеспечение запрета доступа ТС на ВТИ;
- пересечения в одном уровне – перекрёстки;
- тротуары – взаимное расположение пешеходной инфраструктуры и ВТИ.

Данные архитектурно-планировочные мероприятия рекомендуется также использовать при формировании перспективных велосипедных маршрутов и велотранспортных сетей в других городах Российской Федерации, так как при реализации они обеспечивают не только требуемый уровень безопасности ВТИ, но и максимальное снижение валовых выбросов парниковых газов транспортной системой.



Рис. 4.12. Вклад мероприятий, обеспечивающих безопасность ВТИ, в снижение валовых выбросов парниковых газов в городах Казани и Калининграде, тыс. т CO₂-экв./год

4.5. Оценка эффективности велосипедного движения

При оценке эффективности велосипедного движения обычно учитывают его влияние на [51]:

- повышение мобильности и доступности территорий;
- сокращение транспортных заторов и времени передвижения;
- сокращение площадей и стоимости парковок;
- сокращение ДТП с тяжёлыми последствиями;
- снижение загрязнения воздуха и уровня шума;
- сокращение затрат на здравоохранение;
- повышение уровня качества среды жизни.

4.5.1. Критерии (показатели) эффективности велосипедного движения

Существует определенный набор показателей и индикаторов, которые рассматриваются при анализе эффективности велосипедного транспорта.

1. Характеристики парка ВТС:

- количество ВТС (общее и на 1000 жителей);

- количество ВТС коллективного пользования (общее и на 1000 жителей);

- количество ВТС для людей с ограниченными физическими возможностями (общее и на 1000 человек соответствующего контингента).

2. Характеристики степени использования ВТС:

- общая среднесуточная протяжённость велопоездки в городе, км/день;

- средняя протяжённость велопоездки, км/год;

- средняя продолжительность сезона использования ВТС, дней в год;

- средняя скорость передвижения по городу на ВТС, км/ч;

- доля использования ВТС при поездках на / с работы, %;

- доля использования ВТС при поездках по магазинам, %;

- коэффициент использования велосипедов (отношение произведения количества городских велосипедов на среднее число велопоездки к общему количеству жителей).

3. Характеристики городской велодорожной сети:

- протяжённость велодорожек по категориям, км;

- протяжённость велополос по категориям, км;

- протяжённость рекреационных велодорожек, км;

- плотность городской велосети, км/км²;

- связанность городской велосети или средний коэффициент прямолинейности веломаршрутов (отношение расстояния между двумя пунктами по веломаршрутам к расстоянию по прямой);

- средний коэффициент приспособленности веломаршрутов (отношение среднего фактического времени перемещения по реальным веломаршрутам к соответствующему теоретическому времени перемещения по идеальному веломаршруту);

- техническое состояние городской велосети, баллы;

- рейтинги существующих и «желаемых» участков городской велосети, баллы.

4. Характеристики городской ВТИ:

- количество велопарковок (всего и на одно ВТС);
- количество велогаражей (всего и на одно ВТС);
- количество велопарковок системы велошеринга (всего и на одного жителя);
- среднее расстояние между велопарковками, км;
- количество дорожных знаков и информационных табло, относящихся к ВТИ;
- протяжённость дорожной разметки, относящейся к ВТИ;
- количество перекрёстков, оборудованных светофорами для велосипедистов;
- количество перекрёстков с организацией кругового движения велосипедистов;
- количество разноуровневых пересечений велодорожек с автодорогами, включая специально оборудованные для непрерывного движения ВТС, и с пешеходными переходами;
- количество объектов сервиса ВТС;
- рейтинг объектов существующей и «желаемой» ВТИ, баллы.

5. Характеристики велопользователей:

- возрастное распределение, %;
- распределение по половой принадлежности, %;
- распределение по степени достатка, %;
- распределение по характеру профессиональной деятельности, %;
- распределение по территории проживания, %;
- распределение по культурным особенностям, %.

6. Характеристики безопасности велосипедного движения:

- количество серьёзных ДТП с участием велосипедистов с указанием места и причины;
- риск велосипедиста (количество серьёзных ДТП с участием велосипедистов, приходящееся на километр совершённых в городе за год велопоездок);

- субъективная оценка степени опасности передвижения на велосипеде по городу, балл;
- рейтинги безопасности существующих участков велодорожной сети, балл;
- рейтинги «желаемых» мероприятий, направленных на повышение безопасности велосипедного движения.

7. Экономические показатели велотранспорта и ВТИ:

- размер инвестиций на развитие ВТИ в расчёте на одного жителя города;
- размер инвестиций на содержание ВТИ в расчёте на одного жителя города;
- величины транспортных издержек и себестоимости велоперевозок;
- количество рабочих мест в сфере велотранспортной деятельности;
- налоговые отчисления с велотранспортной деятельности;
- затраты, связанные с медицинским обслуживанием населения и закупкой лекарств (по перечню специфических заболеваний).

Исследования практики велодвижения в Германии, Австрии, Дании и США [52, 53, 54, 55, 56, 57] показали, что эффективность и уровень безопасности ВТИ достаточно полно могут быть описаны следующим набором характеристик:

- уровень достаточности и качества ВТИ;
- степень наличия и надежности велотехники;
- степень интеграции с другими видами транспорта;
- степень уверенности велосипедиста в своей безопасности на дороге;
- степень удовлетворенности велосипедиста условиями для велопередвижения;
- постоянство мониторинга изменений ситуации с условиями велодвижения со стороны дорожных ведомств, СМИ и интернет-общества и т.д.

Оценку эффективности велотранспортной системы можно осуществлять с использованием нескольких или совокупности всех приведенных выше показателей и индикаторов с использованием комплексных показателей.

4.5.2. Комплексный показатель мобильности велосипедиста

Эту величину можно объективно измерить с учётом экономических, экологических факторов и изучения настроений велосипедистов, горожан. Для получения этих данных проводится изучение ситуации в городе по следующим направлениям:

- 1) статистические данные транспортного ведомства города о состоянии велодвижения и его месте в городском планировании;
- 2) статистические исследования доли велопоездки в транспортных целях от общего числа поездок на других ТС, состояния БДД и количества ДТП с велосипедистами в городе;
- 3) опросы велосипедистов, насколько они удовлетворены условиями для велодвижения, обслуживанием велосети;
- 4) определение степени активности технической и сервисной поддержки велопередвижения;
- 5) измерение комфортности велотрасс в городе по качеству дорожной поверхности и времени ожидания на перекрёстках.

По *первому* направлению определяются:

- километраж велодорожек на одного жителя;
- километраж размеченных веломаршрутов на одного жителя;
- количество велопарковок на 1000 жителей;
- доля пересадочных узлов с велопарковками;
- количество станций проката на 1000 жителей;
- расходы на обслуживание ВТИ на одного жителя;
- количество велотехники на 1000 жителей;
- расходы на велосервис на одного жителя;
- количество мест в придомовых велохранилищах на 1000 жителей.

По *второму* направлению определяются:

- количество ДТП с велосипедистами на одного жителя, на 1000 велопоездов и на каждые 100000 км велопередвижения;
- количество ежедневных велопоездов на 1000 жителей;
- доля велопоездов в общем количестве транспортных поездок жителей (modal share);
- среднее расстояние велопоездов.

По *третьему* направлению суммируются баллы оценки степени удовлетворённости велосипедистов и других горожан:

- состоянием велодвижения в городе, отношением к велосипедистам;
- количеством и качеством ВТИ;
- уровнем безопасности велосипедистов на дорогах;
- уровнем велосервиса;
- уровнем ухода за велосетью и т.д.

Каждый показатель должен иметь свою весомость в баллах в зависимости от значимости, определяемой оценщиком. Баллы по всем направлениям суммируются и дают в сумме комплексный показатель мобильности велосипедиста в городе.

Для специальной или оперативной оценки по отдельности как эффективности, так и уровня безопасности ВТИ можно пользоваться частными критериями показателя мобильности велосипедиста по первому, второму или третьему направлению. Для того, чтобы оценить и присвоить весомость отдельных характеристик в составе показателя мобильности велосипедиста, необходимо провести обследования по отдельным направлениям в городах различного размера и численности населения.

4.5.3. Уровень качества велосипедного движения LOS

Чтобы оценить велосипедную сеть, необходимо оценить отдельные связи, входящие в неё. В настоящее время есть несколько апробированных и часто применяемых инструментов для такой оценки, которые могут использоваться, чтобы определить уровень

пользовательского восприятия качества ВТИ. Как правило, используются оценки для определения восприятия безопасности ВТИ и удобства движения по ней. Одна из наиболее распространённых методик изложена в «Руководстве по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (англ. Highway Capacity Manual, HCM) [58], в соответствии с которой рассчитывается уровень качества (англ. level of service, критерий LOS). В США он стал основным критерием оценки качества организации дорожного движения и был включён в нормативные документы.

Уровень качества велодвижения на сегменте улицы населённого пункта оценивается суммарно для двух разных элементов, составляющих сегмент (рис. 4.13): на перегоне и на перекрёстке, завершающем сегмент.

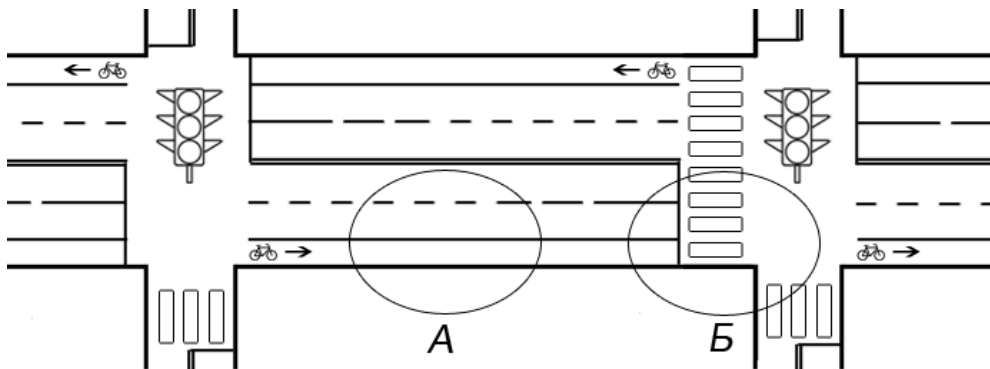


Рис. 4.13. Участки улицы, на которых оценивается уровень качества велодвижения: А – перегон; Б – регулируемый перекрёсток

При рассмотрении велополосы на перегоне учитываются:

- ширина укрепленной обочины;
- ширина крайней правой полосы движения;
- ширина велополосы;
- состояние покрытия велополосы;
- скорость, интенсивность и состав потока ТС;
- наличие паркующихся автомобилей.

Интенсивность движения транспорта и велосипедистов определяется с учётом внутрисекундной неравномерности движения.

Уровень качества велополосы на перегоне улицы $I_{b,link}$:

$$l_{b,link} = 0,76 + F_v + F_s + F_p + F_w, \quad (4.3)$$

$$F_v = 0,507 \ln \left(\frac{V_{ma}}{4N_{th}} \right), \quad (4.4)$$

$$F_s = 0,199 [1,1199 \ln(0,625 S_{Ra} - 20)] (1 + 0,1038 P_{HVa})^2, \quad (4.5)$$

$$F_p = \frac{7,066}{P_c^2}, \quad (4.6)$$

$$F_w = -0,00045 W_e^2, \quad (4.7)$$

где F_v – член уравнения, учитывающий интенсивность движения ТП; F_s – член уравнения, учитывающий скорость движения ТП и его состав; F_p – член уравнения, учитывающий состояние покрытия велополосы; F_w – член уравнения, учитывающий ширину проезжей части; V_{ma} – приведённая интенсивность движения ТП в направлении движения рассматриваемого велосипедного потока, авт./ч (табл. 4.6); N_{th} – количество полос движения в направлении движения рассматриваемого велосипедного потока; S_{Ra} – приведённая скорость движения ТП, км/ч (табл. 4.6); P_{HVa} – приведённая доля тяжёлых ТС в ТП, % (табл. 4.6); P_c – оценка состояния покрытия велополосы (табл. 4.7); W_e – эффективная ширина крайней правой полосы, м (табл. 4.6).

Значения некоторых параметров перегона зависят от различных условий (первый столбец табл. 4.6). Если условие выполняется, то значение параметра определяется по второму столбцу, если не выполняется – по третьему. Первые три строки в табл. 4.5 следует рассматривать последовательно для определения W_e .

Таблица 4.6

Параметры перегона улицы

Условие	Условие выполнено	Условие не выполнено
$\rho_{pk} = 0$	$W_t = W_{ol} + W_{bl} + W_{os}^*$	$W_t = W_{ol} + W_{bl}$
$V_m > 160$ авт./ч	$W_v = W_t$	$W_v = W_t (2 - 0,005 V_m)$
$W_{bl} + W_{os}^* < 1,2$ м	$W_e = (3,3 W_v - 10 \rho_{pk}) : 3,3 \geq 0$	$W_e = (3,3 (W_v + W_{bl} + W_{os}^*) - 20 \rho_{pk}) : 3,3 \geq 0$
$V_m (1 - 0,01 P_{HV}) < 200$ авт./ч и $P_{HV} > 50\%$	$P_{HVa} = 50\%$	$P_{HVa} = P_{HV}$

$S_R < 34 \text{ км/ч}$	$S_{Ra} = 34 \text{ км/ч}$	$S_{Ra} = S_R$
$V_m > 4 N_{th}$	$V_{ma} = V_m$	$V_{ma} = 4 N_{th}$

Примечания: p_{pk} – доля протяжённости перегона, занятая паркующимися автомобилями; W_t – общая ширина крайней правой полосы, велополосы и укрепленной обочины, м; W_{ol} – ширина крайней правой полосы, м; W_{bl} – ширина велополосы, м ($W_{bl} = 0$ при отсутствии велополосы); W_{os}^* – приведённая ширина укрепленной обочины, м (если есть бордюр, то $W_{os}^* = (3,3 W_{os} - 1,5) : 3,3 \geq 0$, в противном случае $W_{os}^* = W_{os}$); W_{os} – ширина укрепленной обочины, м; V_m – средняя интенсивность движения ТП, авт./ч; V_v – эффективная общая ширина крайней правой полосы, велополосы и обочины как функция объёма ТП, м; P_{HV} – доля тяжёлых ТС в ТП, %; S_R – скорость движения ТП, км/ч.

Таблица 4.7

Оценка состояния покрытия велополосы

Состояние покрытия, баллы	Описание состояния покрытия
4...5	Новый или почти новый слой дорожного покрытия. Локальные дефекты дорожного покрытия отсутствуют
3...4	На нежестких покрытиях начинает появляться колейность и мелкие трещины. На жестких покрытиях могут быть незначительные трещины
2...3	На нежестких покрытиях присутствует колейность и множественные трещины. На жестких покрытиях могут быть небольшие стыковые изломы, смещения или трещины
1...2	Повреждения занимают 50% и более поверхности. На нежестких покрытиях присутствуют выбоины и глубокие трещины. Повреждения жестких покрытий включают сколы кромок в швах, выбоины и трещины
0...1	Повреждения занимают 75% и более поверхности. Большие выбоины и глубокие трещины

Уровень качества регулируемого перекрёстка $l_{b,int}$:

$$l_{b,int} = 4,1324 + F_w + F_v, \quad (4.8)$$

$$F_w = 0,00459 W_{cd} - 0,06432 W_t, \quad (4.9)$$

$$F_v = 0,0066 \frac{v_{lt} + v_{th} + v_{rt}}{4N_{th}}, \quad (4.10)$$

где F_w – член уравнения, учитывающий ширину проезжей части и велополосы; F_v – член уравнения, учитывающий интенсивность движения ТП и распределение потоков по направлениям; W_{cd} – ширина про-

езжей части пересекаемой улицы, м; v_{lt} – интенсивность движения левоповоротного потока, авт./ч; v_{th} – интенсивность движения прямого потока, авт./ч; v_{rt} – интенсивность движения правоповоротного потока, авт./ч.

Итоговый уровень качества на сегменте $I_{b,seg}$:

$$I_{b,seg} = 0,160I_{b,link} + 0,011F_{bi}e^{I_{b,int}} + \frac{N_{ap,s}}{(1,6L/5280)} + 2,85, \quad (4.11)$$

где F_{bi} – переменная, указывающая вид перекрёстка: для регулируемого $F_{bi}=1$, для нерегулируемого $F_{bi}=0$; $N_{ap,s}$ – количество точек доступа на сегменте справа от велополосы; L – длина сегмента, км.

Итоговый уровень качества на нескольких сегментах одной улицы $I_{b,F}$:

$$I_{b,F} = \frac{\sum_{i=1}^m I_{b,seg,i} L_i}{\sum_{i=1}^m L_i}, \quad (4.12)$$

где m – количество сегментов в составе улицы.

Принято шесть уровней качества велосипедного движения, обозначаемых латинскими буквами от А до F, с соответствующими диапазонами баллов, где LOS A представляет наилучшие, а LOS F – наихудшие условия (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Уровни качества велосипедного движения

Уровень качества LOS	A	B	C	D	E	F
Рассчитанный уровень качества, баллы	$\leq 2,00$	$>2,00... 2,75$	$>2,75... 3,50$	$>3,50... 4,25$	$>4,25... 5,00$	$>5,00$

4.5.4. Уровень качества велосипедного движения CLoS

Для количественной оценки безопасности и качества ВТИ на определённом веломаршруте можно использовать методику, описанную в «Стандартах дизайна ВТИ в Лондоне» [30]. В данной методике используется показатель «велосипедный уровень качества» (англ.

cycling level of service, CLoS), который был разработан с целью установления количественной оценки безопасности и качества функционирования ВТИ. Он полезен при обсуждении альтернативных вариантов дизайна, а также для обоснования мер по поэтапному усовершенствованию ВТИ.

CLoS основан на шести *критериях качества* дизайна ВТИ:

- безопасность и защищённость;
- прямолинейность;
- удобство и комфорт;
- целостность и непротиворечивость;
- привлекательность;
- способность к адаптации.

Эти критерии основаны на международном опыте и важны не только для велосипедистов, но и для всех пользователей улиц, общественного пространства, парков и набережных, где инвестиции в развитие ВТИ имеют потенциал для улучшения качества данного места. Затем каждый критерий конкретизируется при помощи нескольких *факторов*, суммарное количество которых для всех критериев составляет 34. CLoS фокусируется на факторах, которые побуждают новых велосипедистов переключать свои поездки с других видов транспорта на велосипед и поддерживать этот модальный сдвиг в течение длительного времени.

На следующем уровне детализации представлены *показатели* (индикаторы), которые могут использоваться для количественной оценки каждого фактора. Каждый показатель имеет набор описаний, позволяющий оценить его по трёхбалльной шкале – 0, 1 или 2. Нулевые баллы следует рассматривать как не соответствующие минимально допустимому качеству для программ и проектов по развитию велосипедного движения. Нулевые оценки, как правило, должны быть сигналом для изучения того, окажет ли этот показатель отрицательное влияние на развитие велосипедного движения. Некоторые показатели имеют ранг «критических», чтобы выделить обстоятель-

ства, вызывающие особую озабоченность. Для обеспечения бóльшего веса в системе подсчёта очков оценки 0, 1 или 2 для критических показателей умножаются на повышающий коэффициент 3. Таким образом, наивысшее количество баллов, которое может набрать веломаршрут, составляет 100 баллов.

В таблице 4.9 представлены критерии, факторы и показатели для оценки уровня безопасности и качества ВТИ, дано описание условий для назначения оценочных баллов. Используя данную таблицу, можно количественно оценить произвольный веломаршрут или участок веломаршрута, а также дать количественную оценку мерам по его улучшению.

Веломаршруты, набравшие *менее 30 баллов*, следует классифицировать как *полностью не пригодные* для движения велосипедистов.

Веломаршруты, набравшие *от 30 до 50 баллов*, следует классифицировать как *низкокачественные*, пригодные только для очень опытных велосипедистов.

Веломаршруты, набравшие *от 50 до 80 баллов*, имеют среднее качество, они *пригодны для большинства* «среднестатистических» велосипедистов.

Веломаршруты, набравшие *более 80 баллов*, следует рассматривать как *высококачественные*, пригодные для велосипедистов всех возрастов и квалификации.

Таблица 4.9

Критерии, факторы, показатели и уровни качества ВТИ

Фактор	Показатель	Критичный	Базовый CLOs = 0	Хороший CLOs = 1	Высокий CLOs = 2	Максимум, баллы
1	2	3	4	5	6	7
Критерий 1 – безопасность и защищённость						48
Риск столкновения	1. Левое / правое примыкание на перекрёстках	Интенсивное автомобильное движение пересекает велодорожку / велополосу	Боковые повороты не регулируются. Конфликтующие ТП на основных перегонах и пересечениях не разделены	Меньше боковых дорожных примыканий. Использование мер успокоения ТП на пересечениях. Конфликтующие потоки разделяются на основных перегонах и пересечениях	Боковые дороги закрыты или велодорожки непрерывны. Все конфликтующие потоки разделены на основных перегонах и пересечениях	6
	2. Боковые или фронтальные столкновения	Ширина прилегающей проезжей части в диапазоне от 3,2 до 4,0 м	Велосипедисты на широкой (не менее 4 м) проезжей части или на велополосе шириной не более 2 м	Выделенные разметкой велополосы шириной не менее 2 м	Огороженные бордюром от основного автомобильного потока велодорожки	6
	3. Тротуарная активность или столкновение с открывающейся дверью припаркованных автомобилей	Велополоса шириной менее 1,5 м вдоль парковки, остановки общественного транспорта без островков безопасности	Частая тротуарная активность / ширина велополосы 1,5 м вдоль парковки	Низкая тротуарная активность / ширина велополосы не менее 2 м	Отсутствие тротуарной активности / отсутствие конфликтов с припаркованными автомобилями и общественным транспортом	6

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
	4. Другое ТС не уступает дорогу или не подчиняется сигналам		Плохая видимость, отсутствие непрерывности маршрута на перекрёстках и нечёткий приоритет	Чёткая непрерывность маршрута через перекрёстки, хорошая видимость, приоритет для всех пользователей, визуальный приоритет велосипедов при выезде ТС с боковых дорог	Приоритет велосипедистов на регулируемых перекрёстках, визуальный приоритет на нерегулируемых перекрёстках	2
Чувство безопасности	5. Отделение от автомобильного потока		Велосипедисты на автомобильных полосах или велополосах шириной менее 2 м	Велополосы шириной не менее 2 м	Физически отделённые бордюром велополосы	2
	6. Ограничение скорости автомобилей (при движении велосипедистов по проезжей части)	В 85% случаев скорость выше 50 км/ч	В 85% случаев скорость выше 40 км/ч	В 85% случаев скорость 30...40 км/ч	В 85% случаев скорость не более 30 км/ч	6
	7. Интенсивность движения ТП (при движении велосипедистов по проезжей части)	Более 1000 авт./ч	500...1000 авт./ч (но становится критичным, если более 5% грузового транспорта)	200...500 авт./ч (но становится базовым, если более 2% грузового транспорта)	Менее 200 авт./ч	6
	8. Взаимодействие с грузовым транспортом	Частое тесное взаимодействие	Частое взаимодействие	Случайное взаимодействие	Нет взаимодействия	6
Социальная безопасность	9. Риск / боязнь преступности		Высокий риск: криминальные сборища, шпана, бродяги, отсутствие содержания	Низкий риск: открытое пространство, хороший дизайн и содержание	Отсутствие страха: высококачественная планировка и приятное взаимодействие	2
	10. Освещение		Протяжённые участки веломаршрута не освещены	Короткие участки веломаршрута не освещены	Веломаршрут имеет освещение на всём протяжении	2

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
	11. Изоляция		Маршрут проходит вдали от мест круглосуточной общественной активности	Маршрут проходит вблизи от мест круглосуточной общественной активности	Маршрут находится в зоне круглосуточной общественной активности	2
	12. Влияние дизайна на поведение		Дизайн провоцирует агрессивное поведение	Дизайн ограничивает агрессивное поведение	Дизайн стимулирует вежливое поведение	2
Критерий 2 – прямолинейность						8
Время поездки	13. Способность поддерживать набранную скорость на перегонах		Велосипедист движется со скоростью самого тихоходного ТС (включая велосипеды)	Велосипедист может периодически обгонять тихоходные ТС (включая велосипеды)	Велосипедист всегда может обгонять тихоходные ТС (включая велосипеды)	2
	14. Задержки велосипедистов на перекрёстках		Время поездки на велосипеде больше, чем на автомобиле	Время поездки на велосипеде примерно такое же, как на автомобиле	Время поездки на велосипеде меньше, чем на автомобиле	2
Потеря времени	15. Затраты времени велосипедиста по сравнению с автомобилистом (при хорошей погоде)		Затраты времени на велосипеде больше, чем на автомобиле	Затраты времени на велосипеде примерно такие же, как на автомобиле	Затраты времени на велосипеде меньше, чем на автомобиле	2
Прямота маршрута	16. Фактор извилистости маршрута – отношение разности расстояний по маршруту и по прямой к расстоянию по прямой		Фактор извилистости более 40%	Фактор извилистости 20...40%	Фактор извилистости менее 20%	2

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
Критерий 3 – целостность и непротиворечивость						6
Въезды на маршрут	17. Возможность безопасного въезда на маршрут и съезда с маршрута		Велосипедисты не могут сменить маршрут без спешивания	Велосипедисты могут сменить маршрут, только вливаясь в потоки других участников дорожного движения	Велосипедисты могут сменить маршрут по выделенной ВТИ	2
	18. Плотность других веломаршрутов		Ширина ячейки сети маршрутов более 400 м	Ширина ячейки сети маршрутов 250...400 м	Ширина ячейки сети маршрутов менее 250 м	2
Ориентирование	19. Оборудование маршрутов знаками и разметкой		Велосипедисты следуют общим дорожным знакам и разметке	Выборочная установка специфических велознаков и разметки	Сообразное информирование велосипедистов знаками и разметкой по всем маршрутам	2
Критерий 4 – удобство и комфорт						20
Качество покрытия	20. Дефекты: не приспособленные для велосипедного движения металлоконструкции, открытые канализационные люки, выбоины	Крупные дефекты	Мелкие дефекты во многих местах	Мелкие дефекты в некоторых местах	Гладкая поверхность без дефектов	6
Материал покрытия	21. Конструкция дорожной одежды		Асфальт, уложенный вручную, или неровная тротуарная плитка	Асфальт, укатанный катком, ровная тротуарная плитка	Асфальт, уложенный асфальтоукладчиком, ровная и прочная тротуарная плитка, не подверженная воздействию тяжёлых ТС	2

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
Эффективная ширина без помех	22. Свободный интервал до прилегающей полосы в случае первичной ездовой позиции; интенсивность и скорость ТП в случае вторичной ездовой позиции ¹	Первичная позиция – интервал менее 1,5 м. Вторичная позиция – высокая интенсивность ТП	Первичная позиция – интервал равен 1,5 м. Вторичная позиция – средняя интенсивность ТП	Первичная позиция – интервал 1,5...2,0 м. Вторичная позиция – низкая интенсивность ТП	Первичная позиция – интервал более 2,0 м. Вторичная позиция – автомобили не обгоняют велосипеды	6
Продольный уклон	23. Величина уклона на 100 м в процентах		> 5%	3...5%	< 3%	2
Отклонители	24. Сужение полосы движения, вызванное горизонтальными отклонителями ²		Ширина полосы (оставшаяся) менее 3,2 м	Ширина полосы (оставшаяся) более 4 м или менее 3 м (с низкой интенсивностью ТП)	Уличное движение спокойное, потребность в горизонтальных отклонителях отсутствует	2
Искусственные неровности	25. Вертикальные отклонения		Неровности с круглым профилем	Неровности с синусоидальным профилем	Без вертикальных отклонений	2

¹ **Первичная ездовая позиция** – велосипедист движется по правой стороне проезжей части или по велополосе сбоку от основного потока автомобилей. **Вторичная ездовая позиция** – велосипедист движется в общем ТП посередине полосы.

² **Горизонтальные отклонители** – устройства или объекты, заставляющие водителей автомобилей снижать скорость за счёт сужения проезжей части или за счёт вынужденного изменения траектории движения.

1	2	3	4	5	6	7
Критерий 5 – Привлекательность						12
Воздействие на пешеходов	26. Уровень комфорта пешеходов (PCL) ¹ [59]		Снижение комфорта до уровней С, D или E (большинство людей мешают друг другу, сложно двигаться в обратном направлении)	Не оказывает воздействие на пешеходов или комфорт уровня В (достаточно места для нормальной скорости ходьбы и некоторого выбора маршрута)	Пешеходное движение улучшается или комфорт уровня А (достаточно места, чтобы люди шли с выбранной скоростью по желаемому маршруту)	2
Экологичность	27. «Зелёные» технологии или экологичные материалы, внедрённые в дизайн		Нет зелёных технологий	Немного зелёных технологий	Полная интеграция с зелёными технологиями	2
Качество воздуха	28. Концентрация PM ₁₀ и NO _x		Средняя – высокая	Низкая – средняя	Низкая	2
Уровень шума	29. Уровень транспортного шума		> 78 дБА	65...78 дБА	< 65 дБА	2
Уровень дорожного хаоса	30. Количество знаков и разметки, необходимых для работоспособности системы		Огромное количество предписывающих и регулирующих знаков	Умеренное количество знаков, в основном на перекрёстках	Минимальное количество знаков, например, только обозначающих велополосу	2

¹ PCL – англ. pedestrian comfort level – уровень комфорта пешеходов, оценивается по специальной методике.

Окончание табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
Защищённость велопарков	31. Доступность защищённых велопарковок на / вне улиц		Без дополнительных защитных парковок	Минимальный уровень оснащения велопарковками	Количество велопарковок адекватно числу активных велосипедистов	2
Критерий 6 – способность к адаптации						6
Интеграция с общественным транспортом	32. Удобный переход между разными видами транспорта или непрерывность веломаршрута в местах стыковки разных видов транспорта		Никаких мер для удобства велосипедистов в зоне стыковки	Непрерывность веломаршрута в местах стыковки разных видов транспорта и отдельные элементы велопарковки	Обеспечивается непрерывность веломаршрута и имеется охраняемая велопарковка. Возможен провоз велосипеда в общественном транспорте	2
Гибкость дизайна	33. Инфраструктура может быть расширена		Корректировки невозможны. Дорожные работы могут потребовать запрета движения	Пропускная способность перегонов может быть увеличена, но реконструкция перекрёстков невозможна. Дорожные работы не требуют закрытия веломаршрута, однако CLoS может быть снижен	Инфраструктуру можно свободно адаптировать к возросшему спросу. Дорожные работы могут быть выполнены без потери качества веломаршрута	2
Возможность расширения	34. Маршрут соответствует прогнозируемому спросу и имеет резерв, заложенный в проект		Маршрут не соответствует текущему спросу	Маршрут соответствует прогнозируемому спросу	Маршрут имеет резервные объёмы для значительного увеличения велодвижения в будущем	2

Итого	100
-------	-----

4.5.5. Составной показатель эффективности

Для итоговой оценки эффективности транспортной системы при создании велотранспортной сети предлагается использовать составной (интегральный) показатель $P_{эф}$ [40, 60]:

$$P_{эф} = \frac{S_1 \cdot \alpha_1 \dots S_n \cdot \alpha_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n} \longrightarrow \max, \quad (4.13)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$ – коэффициенты значимости i -го показателя, достигаемого за счёт развития велосипедного движения; S_1, S_n – значение степени соответствия отдельных показателей природоохранным требованиям, балл.

В качестве оцениваемых показателей принимаются:

- потеря времени на перемещение для разных типов ТС (S_1 , ч/км);
- снижение выбросов ЗВ автотранспортом (S_2 , т/год);
- снижение потребления топлива автотранспортом (S_3 , т/год);
- снижение акустической нагрузки автотранспорта (S_4 , дБА);
- улучшение здоровья населения (S_5 , чел/год).

Значимость показателей воздействия устанавливается экспертным путём, исходя из их влияния на уровень эффективности велотранспортной сети. При этом степень оказываемого влияния зависит, прежде всего, от проводимой в данном населенном пункте или в стране в целом транспортной политики. В данной работе рассматривается 5 вариантов распределения значимостей показателей воздействия.

Значение степени соответствия отдельных показателей воздействия S_i оценивается по балльной шкале в зависимости от попадания их конкретных значений в заданные диапазоны конкретных значений рассматриваемых показателей. В нашем случае принимаем за 1 балл значения показателей, рассчитанные при нулевом значении ве-

лотранспортной работы (отсутствие условий для велосипедного движения). Далее значения S_i растут с ростом величины велотранспортной работы и задаются с их сопоставления с первоначальными. Критерий $P_{эф}$ характеризует общий уровень эффективности городской транспортной системы при создании велотранспортной сети. Он может быть использован для сравнительной оценки эффективности транспортной системы при разных значениях величины велотранспортного спроса.

Блок-схема методики оценки показателей эффективности велотранспортной сети $S_1 \dots S_5$ показана на рис. 4.14.

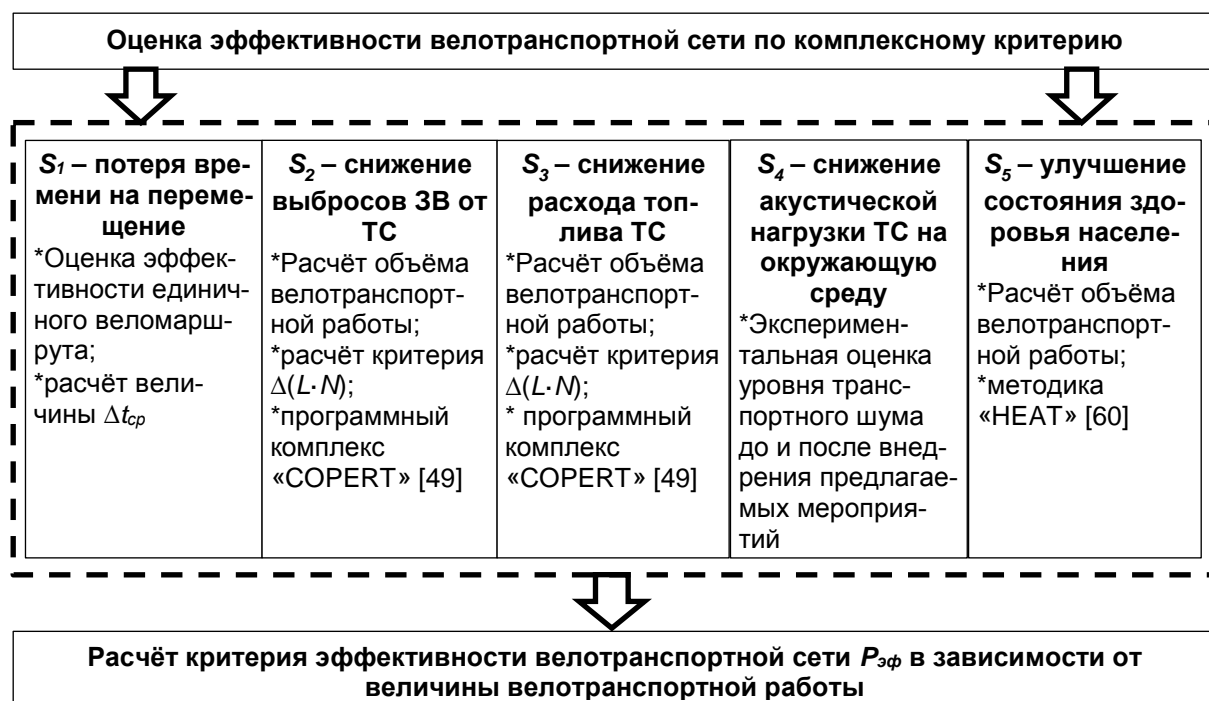


Рис. 4.14. Блок-схема методики оценки составного (интегрального) показателя эффективности велотранспортной сети

Потери времени (S_1) оцениваются для единичных маршрутов с обобщением результатов для всей велотранспортной сети.

Снижение выбросов ЗВ (S_2) и топливопотребления (S_3) оценивается через возможную долю замещения автотранспортной работы на велотранспортную. При этом оценка сразу же проводится для велотранспортной сети в целом.

Оценка снижения уровня транспортного шума (S_4) проводится

на основании результатов расчётно-экспериментальных исследований. Снижение акустической нагрузки оценивается для единичных маршрутов при реализации 3 видов мероприятий по развитию велотранспортной сети. Результаты оценки распространяются на всю велотранспортную сеть.

Улучшение состояния здоровья населения (S_5) оценивается с помощью методики «HEAT», показывающей связь между велоактивностью населения и снижением уровня заболеваемости и смертности [61]. Оценка проводится для велотранспортной сети в целом.

Значимость показателей воздействия устанавливается экспертным путём, исходя из их персонального влияния на уровень экологической безопасности велотранспортной сети. При этом степень оказываемого влияния зависит, прежде всего, от проводимой в данном населённом пункте или в стране в целом транспортной политики. Наиболее важным показателем воздействия велотранспортной сети на окружающую среду и человека принимается снижение уровня заболеваемости и смертности населения (борьба с гиподинамией). Его значимость равна 100%. Остальные показатели в соответствии с экспертными оценками получают следующие значения: экономия времени 80%; экономия топлива 60%; снижение уровня шума 50%; снижение выбросов ЗВ 40%.

Коэффициент значимости α_i каждого показателя определяется как отношение его персонального значения к суммарному. Значения коэффициентов приведены в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Сравнительная оценка коэффициентов значимости
отдельных показателей воздействия

Показатель значимости	Условное обозначение	Коэффициент значимости
Борьба с гиподинамией	α_1	0,303
Экономия времени	α_2	0,242
Экономия топлива	α_3	0,182
Снижение уровня шума	α_4	0,152
Снижение выбросов ЗВ	α_5	0,121
ВСЕГО		1,000

Результаты оценки эффекта от снижения уровня заболеваемости и смертности населения даны в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Результаты расчёта показателя эффективности транспортной системы от внедрения велосипедного движения в городах Казани и Калининграде, баллы

Показатель эффективности	Время	Выбросы	Топливо	Шум	Здоровье
Казань					
Относительное значение показателя	1,042	1,006	1,006	1,079	1,176
Значимость (важность) показателя	0,303	0,242	0,182	0,152	0,121
Критерий эффективности $P_{эф}$	1,049				
Калининград					
Относительное значение показателя	1,055	1,009	1,009	1,079	1,177
Значимость (важность) показателя	0,303	0,242	0,182	0,152	0,121
Критерий эффективности $P_{эф}$	1,054				

Из таблицы следует, что эффективность транспортных систем городов Казани и Калининграда за счёт развития велосипедного движения в случае реализации перспективных схем развития ВТИ повысится соответственно на 4,9% и 5,4% по сравнению со сценарием развития транспортной системы, когда велотранспортная сеть не развивается.

Как следует из табл. 4.11, уровень эффективности существующей транспортной системы в данных городах в результате внедрения велосипедного движения повысится примерно на 5%. Такой невысокий уровень эффективности объясняется тем, что в этих городах велосипедное движение практически отсутствует и требуется время для того, чтобы жители смогли реально оценить преимущества данного вида транспорта и отдавали ему предпочтение в регулярных поездках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Велосипед, другие средства малой мобильности активно внедряются в среду обитания городских жителей как самостоятельный вид транспорта, составной элемент городской транспортной системы, а также как средство рекреации и проведения досуга.

Велосипедному транспорту нужна развитая инфраструктура, которая требует землеотвода (пространства) для размещения путей движения, мест стоянки, хранения, обслуживания и ремонта ВТС. Это пространство проблематично изыскать в сложившейся транспортной застройке, так как оно отчуждается от уличного, внутридворового пространства, других общественных пространств. Также для современных велотранспортных систем необходима информационно-логистическая стыковка с другими видами транспорта, защита от неблагоприятных погодно-климатических факторов. Данные обстоятельства, а также обеспечение надежности и безопасности являются основой для формирования требований к объектам ВТИ и организации велосипедного движения.

Для реализации требований на основании проектного подхода и методологии риск-менеджмента следует разработать и внедрить комплекс архитектурно-планировочных мер для гармоничного вписывания объектов ВТИ в городскую среду, организационных и инженерно-технических мер по обеспечению безопасности и комфорта при движении велосипедистов по участкам УДС, тротуарам, выделенным велопутям, административных и экономических мер по изменению мотивации транспортного поведения в пользу использования велосипедного движения вместо личного или общественного транспорта. Многие из этих мер, получивших широкое распространение за рубежом, рассмотрены в настоящей работе и рекомендуются к использованию при разработке ВТИ в российских городах.

При этом важным моментом является разработка методов оценки эффективности не только объектов ВТИ и организации велосипедного движения, но и всей транспортной системы, составным элементом которой является велосипедное движение.

Такая постановка задачи рассматривается в данной работе. Она предполагает расширение объекта исследования – от велосипедов и средств немоторизованной мобильности к личному и общественному транспорту, пешеходному движению, то есть к городской транспортной системе в целом. Актуальным представляется определение места каждого вида в городской транспортной системе в настоящее время и на перспективу с учётом взрывного развития транспортных технологий. Исходя из этого формируется следующий алгоритм решения задачи создания эффективной и безопасной велотранспортной системы, в соответствии с которым:

- устанавливаются преимущества, недостатки, требования, ограничения на использование велосипедного транспорта;
- оценивается, при какой интенсивности движения велосипедистов с педальным приводом, электроприводом и комбинированным следует выделять самостоятельные пути движения;
- оцениваются условия эксплуатации (определяют, нужны ли обособленные места для размещения велосипедов, других средств малой мобильности в общественном транспорте, где обучать водителей этих ТС, как их контролировать, какая должна быть инфраструктура для их обслуживания и ремонта, содержание инфраструктуры в зимнее время и т.д.);
- оценивается транспортный, социально-экономический, экологический эффект для транспортной системы в случае расширения объемов использования велосипедного транспорта, других средств малой мобильности, а также на комфорт, безопасность всех участников дорожного движения.

Важным требованием к велотранспортной инфраструктуре является обеспечение надёжности конструкции и возможности создания комфортных условий движения велосипедистов в неблагоприятных погодных условиях (осадки, низкие или высокие температуры). В монографии приводятся оригинальные инженерные решения, позволяющие выполнить это требование.

Не все из приведенных выше пунктов сформированного алгоритма подробно рассмотрены в данной работе. Основная причина – отсутствие в российских крупных городах эффективных велотранспортных систем. Сделаны лишь первые шаги в этом направлении, которые пока реализуются спонтанно, методом проб и ошибок властями отдельных городов при участии активистов и общественности, без привлечения научных коллективов.

По нашему мнению, в число проблем, которые требуют научного осмысления при создании эффективных велотранспортных систем в российских городах, входят:

- разработка научных методов оценки велосипедного спроса и перераспределения пользователей индивидуального транспорта на городской транспорт общего пользования и с городского транспорта общего пользования на велосипедный, а также мониторинга этих процессов в реальном времени;

- совершенствование методических подходов к развитию грузовой логистики в городах с учётом переключения части грузоперевозок на грузовые велосипеды, другие средства малой мобильности; разработка требований к грузовому каркасу ВТИ;

- оценка последствий развития велосипедного движения для существующей УДС населённых пунктов за счёт сужения проезжей части из-за обустройства велосипедных полос, в том числе исследование влияния отработавших газов автомобилей и автотранспортного шума на велосипедистов в случае расположения выделенных велосипедных полос в непосредственной близости от УДС с интенсивным движением;

- совершенствование методов расчёта и проектирования велосипедных мостов, тоннелей, эстакад, отдельных велотранспортных узлов, скоростных велосипедных дорог для использования электровелосипедов, в том числе для междугородных сообщений;

- совершенствование конструкций ВТС и объектов ВТИ, вписываемых в создаваемую информационно-коммуникационную среду обеспечения мультимодальных перевозок пассажиров, развития

ТС с высоким уровнем автономности;

- совершенствование методик монетизации социальных эффектов, связанных с развитием велосипедного движения в городах;
- оценка рисков потерь функциональности городских транспортных систем с различным уровнем развития велосипедного движения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций природного, техногенного или социального (акты незаконного вмешательства) характера.

Данный перечень актуальных научных проблем развития велосипедного движения в городах, хотя и не является исчерпывающим, но их успешное решение позволит избежать многих ошибок, с которыми сталкиваются власти и общественность при формировании и развитии велотранспортных систем в городах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Empfehlungen zur Anwendung von Mobilitätsmanagement (EAM, R2). – Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2018. – 50 S.

2 Gut gelaufen, gern gefahren. Mobilität in Dresden und Umland unter der Lupe. Ergebnisse aus der Verkehrserhebung SrV 2013. – URL: <https://www.vvo-online.de/doc/SrV-Mobilitaet-in-Dresden-Verkehrs-erhebung-2013.pdf> (дата обращения: 06.12.2019).

3 Aurich, T. Results from the research project “Interdependencies of Bicycle and Public Transport Use” / T. Aurich, T. Böhmer // Integrated Urban Mobility. 12th SRL Public Transport Conference 2009, 2nd MeetBike Conference. – Dresden: Technische Universität Dresden, 2009.

4 Мощные комплекты электрификации велосипедов. – URL: <http://video.dp.ru/birzhastartapov/sseptember/eczo.bike.pdf> (дата обращения: 06.12.2019).

5 Road safety annual report 2018. International transport Forum. – URL: <https://www.itf-oecd.org/road-safety-annual-report-2018> (дата обращения: 06.12.2019).

6 Bierbach, M. Untersuchung zu Elektrokleinstfahrzeugen / M. Bierbach, T. Adolph, A. Frey. und andere // BAST-Bericht F 125. – 2018. – 117 S.

7 DeMaio, P. The Bike-sharing World Map. – URL: <http://maps.google.com/maps/ms?hl=en&ie=UTF8&oe=UTF8&msa=0&msid=104227318304000014160.00043d80f9456b3416ced> (дата обращения: 06.12.2019).

8. Botma, H. Traffic Operation of Bicycle Traffic / H. Botma, H. Papendrecht // Transportation Research Record. – №1320. – 1991. – Pp. 65-72.

9 Harms, L. Cycling Facts / L. Harms, M. Kansen. – Netherlands Institute for Transport Policy Analysis (KiM), 2018. – 16 p.

10 Hembrow, D. Making driving more convenient: Assen's Florijn As project attempts to reverse decades of improvements for cyclists. – URL: http://www.aviewfromthecyclepath.com/search/label/assen_mistakes (дата обращения: 06.12.2019).

11 Küster, F. Halving injury and fatality rates for cyclists by 2020. ECF Road Safety Charter / F. Küster, C. Laurence, R. Geffen // Brussels: European Cyclists' Federation, 2010. – 20 p.

12 CYCLE logistics. European Cyclists' Federation project. – URL: <https://ecf.com/projects/past-projects/cyclelogistics> (дата обращения: 06.12.2019).

13 The European Cycle Logistics Federation. – URL: <https://ecf.com/news-and-events/news/european-cycle-logistics-federation> (дата обращения: 06.12.2019).

14 City Changer Cargo Bike. – URL: <http://cyclelogistics.eu/> (дата обращения: 06.12.2019).

15 EuroVelo. – URL: <https://ecf.com/projects/eurovelo> (дата обращения: 06.12.2019).

16 National Cycling Plan 2020. Joining forces to evolve cycling. – Berlin: Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development, 2012. – 82 p.

17 СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования». – М., 2018. – 85 с.

18 Методические рекомендации по применению свода правил «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования»: метод. пособие. – М., 2017. – 789 с.

19 Cycling Aspects of Austroads Guides. Austroads. – Sydney: Austroads, 2017. – 193 p.

20 Jensen, S.U. Bicycle Tracks and Lanes: a Before-After Study / S.U. Jensen // Trafitec ApS, Denmark, 2007. – 15 p.

21 Wilkes, N. 14 Ways to make bike lanes better. A quick guide to the ways to protect a bike lane. Green Line Project. – URL: http://b3cdn.net/bikes/36b7b6a4d74ea75d23_d6m6voly5.pdf (дата обращения: 06.12.2019).

22 Deegan, B. Light Protection of Cycle Lanes: Best Practices. Discussion Paper. / B. Deegan // International Transport Forum. – Paris, 2018. – 23 p.

23 Lessons from the Green Lanes: Evaluating Protected Bike Lanes in the US. Final Report NITC-RR-583 / C. Monsere et al. // Portland: National Institute for Transportation and Communities, 2014. – 179 p.

24 Separated Bike Lane Planning and Design Guide / Federal Highway Administration, 2015. – 80 p.

25 Dufour, D. Presto Cycling Policy Guide. Cycling infrastructure / D. Dufour. – Brussels: European Cyclists' Federation, 2010. – 49 p.

26 Трофименко, Ю. В. О необходимости развития велосипедного транспорта в крупных городах России / Ю.В. Трофименко, А.Н. Сова, В.В. Буренин, А.Б. Галышев // Автомобильный транспорт. – 2014. – №3. – С. 70-74.

27 ГОСТ Р 52875-2007. Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Текстовые документы: изд. офиц. – Введен впервые 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

28 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO). – URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/BJNR036710013.html (дата обращения: 06.12.2019).

29 Cycling 'Revolution' Shifts Into Top Gear. – URL: <https://news.sky.com/story/cycling-revolution-shifts-into-top-gear-10437659> (дата обращения: 06.12.2019).

30 London Cycling Design Standards. – URL: <https://tfl.gov.uk/corporate/publications-and-reports/streets-toolkit> (дата обращения: 06.12.2019).

31 Sustrans Design Manual. Handbook for cycle-friendly design / Bristol: Sustrans, 2014. – 36 p.

32 Проектирование городских велодорожек / Коллектив авторов НАСТО; пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2015. – 256 с.

33 Guide for the Development of Bicycle Facilities / New York: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012. – 199 p.

34 Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. – URL: <http://mutcd.fhwa.dot.gov/> (дата обращения: 06.12.2019).

35 PRESTO – Promoting cycling for everyone as a daily transport mode. – URL: <https://www.rupprecht-consult.eu/project/presto.html> (дата обращения: 06.12.2019).

36 «Велосипедизация Санкт-Петербурга» переводит материалы PRESTO на русский язык. – URL: http://velosipedization.ru/presto/#.W7Dly_mYS71 (дата обращения: 06.12.2019).

37 Светодиодный велосипедный фонарь: секреты выбора и нюансы конструкции. – URL: <http://velofans.ru/vibor/svetodiodnyy-velosipednyy-fonar-sekrety-vybora-nyuansy-konstrukcii> (дата обращения: 06.12.2019).

38 Energy return wheel: composite tires. – URL: <http://www.energyreturnwheel.com/> (дата обращения: 06.12.2019).

39 Шелмаков, С.В. Оценка эффективности, безопасности и качества велосипедного и пешеходного маршрута: метод. указ. к практ. занятиям по курсу «Экотранспорт» / С.В. Шелмаков, А.Б. Галышев. – М.: МАДИ, 2019. – 73 с.

40 Разработка методик и стандартов для объектов транспортной инфраструктуры: пешеходного и велосипедного движения. Анализ зарубежного и отечественного опыта, разработка методики, оценка эффективности и уровня безопасности велосипедного и пешеходного движения. Отчёт НИР. – МАДИ, 2016. – 230 с.

41 Baier, R. Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr / R. Baier, A. Goebels, A. Klemp-Kohnen // BAST-Bericht V 228. – 2013. – 58 S.

42 Trofimenko, Y. Methodology and Results of Assessing Safety of Bicycle

Infrastructure in Russian Cities/ Y. Trofimenko, E. Shashina // Transportation Research Procedia. – 20 (2017). – P. 653-658.

43 Шашина, Е.В. Разработка научно-методических основ оценки надёжности водителя автобуса в условиях возникновения конфликтных и чрезвычайных ситуаций: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.В. Шашина. – М.: МАДИ, 2014. – 20 с.

44 Руководство по проектированию городских улиц и дорог. – М.: Стройиздат, 1980. – 224 с.

45 CROW Record 85 – Design Manual for bicycle traffic / Drukwerk, 2007. – 388 p.

46 Federal Highway Administration Bicycle and Pedestrian Planning, Program, and Project Development. – URL: https://www.fhwa.dot.gov/environmen/bicycle_pedestrian/guidance/guidance_2019.cfm (дата обращения: 06.12.2019).

47 Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Green Book). – Washington, D.C: The American Association of State Highway and Transportation Officials, 2018. – 1047 p.

48 Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASt 06. – Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, 2006. – 133 S.

49 Трофименко, Ю.В. Оценка эколого-экономического эффекта от развития велосипедного движения в крупных городах / Ю.В. Трофименко, А.Б. Галышев // Автотранспортное предприятие: Отраслевой научно-производственный журнал. – М., 2015. – №4. – С. 29-31.

50 Copert. Компьютерная программа для расчёта выбросов, создаваемых дорожным транспортом. – URL: <https://www.emisia.com/utilities/copert/> (дата обращения: 06.12.2019).

51 CBA of Cycling. – Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2005. – 85 p.

52 Meschik, M. Reshaping City Traffic Towards Sustainability Why Transport Policy should Favor the Bicycle Instead of Car Traffic / M. Meschik // Transport Research Arena 2012. Procedia – Social and Behavioral Sciences. – Vol. 48. – 2012. – P. 495-504.

53 America's Top 50 Bike-Friendly Cities. – URL: <http://www.bicycling.com/rides/best-cities/america-s-top-50-bike-friendly-cities> (дата обращения: 06.12.2019).

54 The Copenhagenize index 2019. The most bicycle-friendly cities of 2019. – URL: <http://copenhagenize.eu/index/index.html> (дата обращения: 06.12.2019).

55 Cycling Quality Management and Evaluation in Europe. – URL: <https://nationaler-radverkehrsplan.de/en/notices/news/cycling-quality-management-and-evaluation-europe> (дата обращения: 06.12.2019).

56 Borgman, F. The cycle balance: benchmarking local cycling conditions / F. Borgman // Sustainable transport: planning for walking and cycling in urban environments. – 2003. – P. 511-524.

57 Copenhagen. City of cyclists. The bicycle account 2014. – The City of Copenhagen Technical and Environment Administration, Mobility and Urban Space, 2015. – 23 p.

58 HCM2010. Highway Capacity Manual. In 3 vol. Vol. 1. Interrupted Flow. – Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2010. – 533 p.

59 Pedestrian Comfort Guidance for London. – London: Transport for London, 2019. – 41 p.

60 Галышев, А.Б. Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса за счёт развития велосипедного движения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.Б. Галышев. – М., МАДИ, 2018. – 22 с.

61 The Health Economic Assessment Tool (HEAT) for walking and cycling by WHO/Europe. – URL: <https://www.heatwalkingcycling.org/#homepage> (дата обращения: 06.12.2019).

Научное издание

ТРОФИМЕНКО Юрий Васильевич
ШЕЛМАКОВ Сергей Вячеславович
ЗЕГЕ Сергей Олегович
ШАШИНА Елена Владимировна

ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ГОРОДАХ

МОНОГРАФИЯ

Науч. редактор Ю.В. Трофименко
Редактор Г.Н. Середина

Подписано в печать 08.02.2020 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 9,65. Заказ Тираж 500 экз.
МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.