

ПЕРСПЕКТИВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДОВ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕГРАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ СЕРВИСОВ ДОСТАВОК

КОРОТЫХИН Дмитрий Антонович, магистрант¹; e-mail: korotkykhin.d@mail.ru

БАНИТЕ Аушра Владовна, ассистент¹; e-mail: banite_av@spbstu.ru

КУКУШКИНА Елена Петровна, старший преподаватель¹; e-mail: kuku1312@yandex.ru

ПЛОТНИКОВ Дмитрий Георгиевич, канд. техн. наук, доцент¹; e-mail: plotnikov_dg@spbstu.ru

ЛЕОНЕНКО Олег Викторович, канд. техн. наук, доцент²; e-mail: olegleonenko@gmail.com

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа транспорта, Институт машиностроения, материалов и транспорта, Санкт-Петербург

²Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», кафедра «Транспортные и технологические машины»

Статья посвящена перспективам развития городской улично-дорожной сети с целью интеграции транспортных потоков сервисов доставки посредством внедрения велотранспортной инфраструктуры и автоматизации процесса ее проектирования. Проанализированы проблемы и особенности внедрения велосипедной инфраструктуры в городских условиях с учетом действующей нормативной базы. Проанализировано текущее участие сервисов доставки в улично-дорожной сети, а также перспектива их развития. Для решения задачи целесообразности проектирования велоинфраструктуры с целью интеграции транспортных потоков сервисов доставки в городскую среду предлагается методика, включающая в себя создание транспортных моделей для увеличения точности прогнозирования эффекта от внедряемой велоинфраструктуры на рассматриваемом участке городской улично-дорожной сети. Применение методики продемонстрировано на примере участка города Санкт-Петербурга. Оценен эффект от внедрения новой велосипедной инфраструктуры на среднее время доставки на основе транспортного моделирования в PTV Visum. В соответствии с произведенным анализом описаны перспективы внедрения велосипедной инфраструктуры в рассматриваемых транспортных районах.

Ключевые слова: велоинфраструктура; автоматизация, улично-дорожная сеть; транспортный поток; сервис доставки; велокурьер.

DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-03-296-306

▼ Введение

Создание комфортной городской среды является одной из основных тенденций развития современных городов. При этом намечается тенденция к использованию велосипедов как более экологичной вариации индивидуального транспорта, позволяющей разгрузить дороги общего пользования от личных автомобилей. С каждым годом велосипед из элемента досуга и спорта превращается в транспорт для ежедневных перемещений и охватывает все больше городского пространства. В современных российских городах-миллионниках жители регулярно передвигаются на велосипедах по 70 % улиц [1]. Использование велосипедного транспорта требует создания специализированной инфраструктуры, интегрируемой

в существующую городскую среду. При этом важно обеспечить качество велотранспортной инфраструктуры (ВТИ) и обособление ее от автотранспорта и пешеходного движения. Негативные примеры внедрения ВТИ часто связаны с недостаточной проработкой проектных решений по ее интеграции в городскую транспортную сеть. Причиной этой проблемы являются как недостатки нормативного обеспечения, регламентирующего внедрение ВТИ, так и отсутствие автоматизированных средств поддержки принятия решений по развитию ВТИ.

Необходимость автоматизации принятия решений возникает вследствие многовариантного выбора возможных маршрутов движения велосипедного транспорта, с помощью

которого реализуются поездки по делам, в целях отдыха, а также перемещения, связанные с выполнением трудовых функций. Анализ показывает, что развитие велодвижения стоит на повестке дня во многих городах России. Комфортная среда современного крупного города требует новых приоритетов в организации транспортного движения, включая велосипедный транспорт [2–5]. В последние годы администрации российских городов все больше убеждаются в том, что доступность поездок на велосипеде — это существенное преимущество, и принимают соответствующие меры по стимулированию их использования в качестве ежедневного транспортного средства [6]. Однако на данный момент в городах России недостаточно развита инфраструктура, позволяющая полноценно использовать велосипед.

В связи с тем, что велосипедисты со своими специфическими потребностями относятся к отдельной категории участников дорожного движения, для них необходимо выделять отдельное пространство [7]. При этом очень важно, чтобы вложения в инфраструктуру делали езду на велосипеде безопасной, а сама ВТИ отвечала пяти качественным требованиям: безопасности, прямолинейности, связности, привлекательности и удобству [6].

Для соблюдения всех требований при проектировании рекомендуется использовать следующие объекты ВТИ:

- велосипедные полосы;
- велосипедные дорожки;
- велопешеходные дорожки;
- участки совмещенного движения с автомобильным транспортом;
- выделенные полосы для общественного транспорта;
- навигационные участки;
- велосипедные пересечения.

На фоне пандемии COVID-19 произошел глобальный переворот в восприятии онлайн-покупок. Сервисы доставки готовой еды и продуктов питания стали одним из самых быстрорастущих сегментов рынка электронной коммерции в России. То, что раньше воспринималось как прихоть или экстренная мера, теперь стало обыденностью [8]. В период

пандемии доставка позволила многим предприятиям сферы общественного питания сохранить рабочие места, продолжать платить аренду и не потерять контакт с гостями.

Велосипед является наиболее популярным видом транспорта среди курьеров, так как его использование является наиболее экономичным способом снижения временных затрат на доставку и расширения зоны обслуживания. Однако в процессе доставки курьеры нередко нарушают требования правил дорожного движения, что понижает уровень безопасности таких перемещений. С развитием сервисов доставки велотранспорт становится важной формой мобильности в городе, а рост количества велокурьеров задает спрос на развитие ВТИ с целью повышения безопасности дорожного движения путем разделения потоков автомобильного и велотранспорта.

Таким образом, целью настоящей работы стала разработка методики проектирования ВТИ с элементами автоматизации принятия решений по размещению ВТИ с целью интеграции транспортных потоков сервисов доставки в городскую транспортную систему.

В статье предлагается метод выбора размещения ВТИ на основе комплексной оценки готовности элементов улично-дорожной сети (УДС) к внедрению ВТИ. Данный метод включается в алгоритм моделирования эффекта от мероприятий по развитию ВТИ с учетом реальной транспортной ситуации. Также продемонстрировано применение разработанного подхода для проектирования ВТИ.

1. Автоматизация принятий решений при разработке мероприятий по внедрению ВТИ с применением транспортного моделирования

Транспортное моделирование участка УДС города для оценки целесообразности проектирования ВТИ с целью интеграции транспортных потоков сервисов доставки представляет собой алгоритм, состоящий из 7 последовательных этапов (рис. 1).

На первом этапе производится сбор исходных данных о состоянии транспортной инфраструктуры и подвижности населения. Подготавливается полный набор исходных данных,

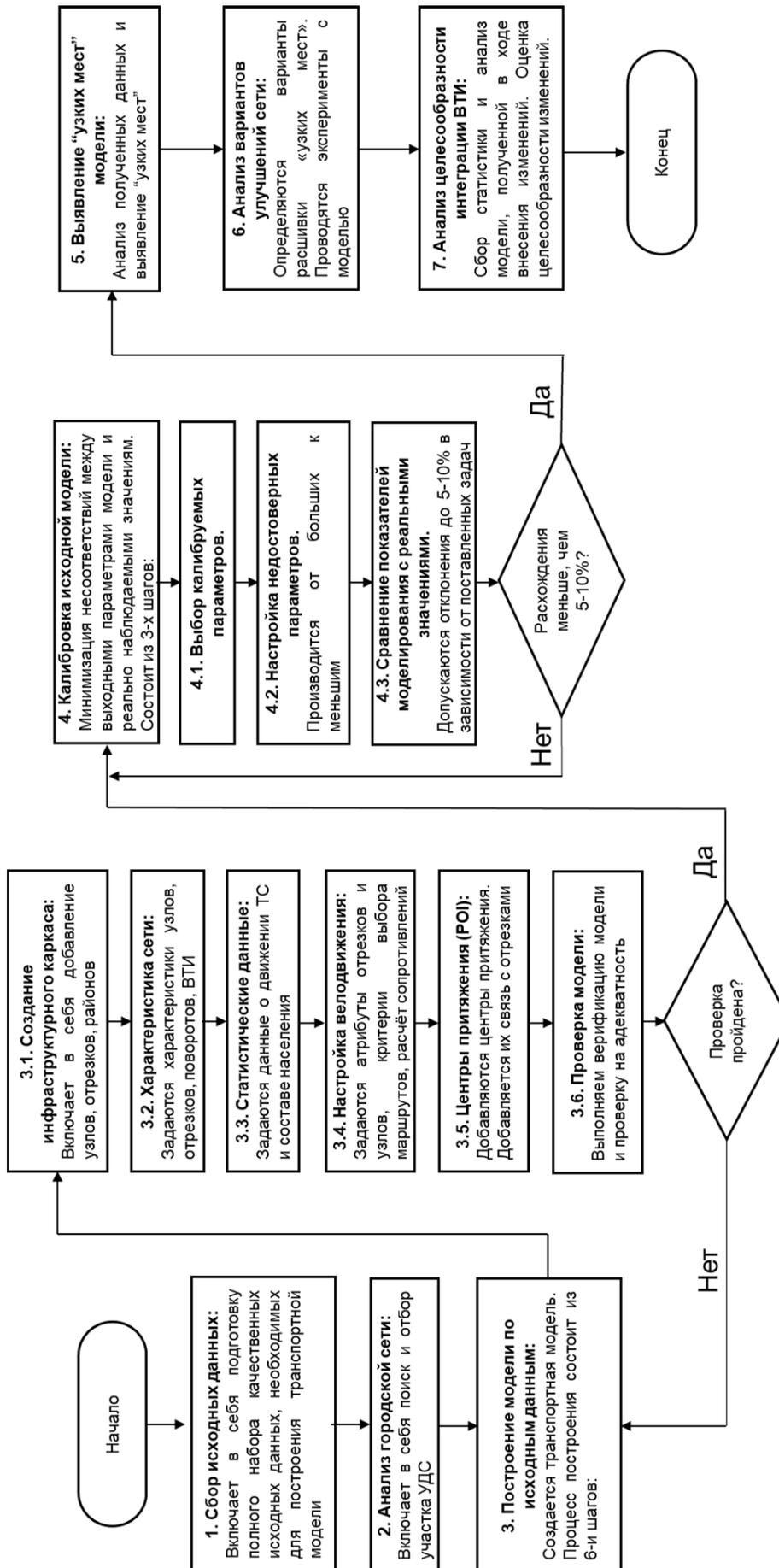


Рис. 1. Алгоритм транспортного моделирования участка УДС с целью проектирования новой ВТИ

Таблица 1

Предварительные критерии оценки участка УДС

№	Наименование критерия оценки	Значение	Вес
1	Наличие ВТИ	0 — отсутствует ВТИ; 1 — имеется выделенная ВТИ	0,2
2	Потенциал расширения ВТИ	0 — нет доступного места для строительства ВТИ; 0,5 — возможно строительство ВТИ в ущерб автомобильному или пешеходному движению; 1 — имеется доступное место для строительства ВТИ	0,3
3	Наличие центров притяжения	0 — в прилегающих транспортных районах отсутствуют центры притяжения; 1 — в прилегающих транспортных районах имеются центры притяжения	0,2
4	Количество ДТП с велосипедистами в год	0 — ДТП не зафиксированы; 1 — зафиксированы ДТП с участием велосипедистов	0,3

необходимых для построения транспортной модели: данные о подвижности населения, информация о центрах притяжения транспортных потоков, сведения о размещении предприятий и использования ими сервисов доставки для доведения их продукции до конечных потребителей. Также производится анализ планов развития транспортной инфраструктуры в области исследования. Анализ подвижности населения производится на основе натурального обследования, анкетирования населения и анализа данных статистики. Для построения модели транспортного предложения необходимы данные об организации дорожного движения и сведения о маршрутах и расписаниях движения городского транспорта общего пользования. Для калибровки модели необходимо провести натурные обследования транспортных потоков. На основе указанных данных строится модель спроса на транспортные услуги, например, по стандартному четырехступенчатому алгоритму [9].

На основе выполненного анализа проводится отбор участков УДС для внедрения ВТИ с помощью многокритериальной оценки их готовности к внедрению ВТИ, основанной на комплексном анализе состояния транспортной ситуации в рассматриваемом районе. Для выбора того или иного участка УДС необходимо оценить его с позиции наличия ВТИ по причине того, что существующая ВТИ может использоваться в качестве каркаса новой ВТИ с минимизацией инвестиций. Данный отбор участков дополняется оценкой потенциала расширения ВТИ, без ущерба для прочих элементов инфраструктуры.

Также необходимо оценить наличие центров притяжения и генерации транспортных потоков. Этими центрами могут являться жилые массивы, парки, торговые центры и дарксторы сектора e-commerce. Критерием ранжирования элементов УДС по данному показателю является транспортная доступность центров притяжения транспортных потоков велосипедным транспортом, определяемая либо в ходе натурального обследования, либо при предварительном моделировании транспортной ситуации.

При разработке мероприятий по развитию ВТИ необходимо обеспечить безопасность дорожного движения. Участки УДС необходимо оценить по количеству ДТП с участием велосипедистов, в том числе незначительных по тяжести ущерба. Также необходимо учитывать существующие планировочные решения — так, создание ВТИ в узких дворовых проездах может быть нецелесообразно, в то же время создание ВТИ в рекреационных зонах повышает их транспортную доступность и привлекательность для жителей города.

Предлагаемые критерии готовности элементов УДС к внедрению ВТИ сведены в табл. 1, веса критериев предлагается устанавливать методом экспертной оценки исходя из потребностей конкретной городской агломерации. При построении транспортной модели предлагаемые критерии оценки устанавливаются для каждого отрезка УДС в качестве атрибута и служат для формирования набора маршрутов, наиболее подготовленных к внедрению велодвижения. Предлагаемые маршруты внедрения ВТИ ранжируются по сумме значений критериев оценки с учетом весов для отрезков УДС, включенных в данные маршруты.

На следующем этапе создается первичная транспортная модель области моделирования. На топографической основе создается инфраструктурный каркас УДС при помощи узлов и отрезков. Для моделирования источников-стоков транспортных потоков в сеть включаются транспортные районы. Для транспортного районирования может быть применены различные методы, описанные в [10]. Характеристики отрезков, узлов и поворотов устанавливаются в соответствии с исходными данными об организации дорожного движения. Производится категоризация отрезков по типу инфраструктурного сооружения: отдельно выделяются отрезки с уже сформированной ВТИ, а также парковые зоны, участки со смещенным движением по дорогам и тротуарам. Также на данном этапе задаются центры притяжения велосипедных потоков — основные места скопления велокурьеров: торговые центры с фудкортами, дарксторы, велопарковки.

После подготовки сети вносятся информация о подвижности населения и строится модель взаимодействия транспортного спроса и предложения. Результаты моделирования позволяют произвести верификацию модели. В первую очередь проверяется корректность ввода численных данных, отсутствие ошибок в движении транспорта в конфликтных зонах, осуществляется проверка дополнительных настроек. В результате должна быть построена и верифицирована транспортная модель с гарантированным отсутствием ошибок и корректно настроенными элементами сети. Такая модель пригодна к дальнейшей калибровке и внедрению ВТИ.

Следующим шагом является калибровка модели. Основной целью калибровки модели является минимизация несоответствий между выходными параметрами модели и реально наблюдаемыми значениями. Конечной целью калибровки модели является компромисс между усилиями, затраченными на калибровку, и точностью соответствия модели реальным условиям.

На основе полученных результатов моделирования выделяются узкие места транспортной сети: участки дорог без обустроенной ВТИ, области вокруг центров притяжения, пересечения дорог с различным числом полос и т. д.

Далее разрабатываются сценарии реализации комплекса мероприятий по внедрению ВТИ с учетом текущей транспортной ситуации. На основе моделирования производится сравнительный анализ рассмотренных вариантов и выбор наиболее эффективного варианта интеграции ВТИ.

Для оценки целесообразности внедрения ВТИ с целью интеграции транспортных потоков сервисов доставки могут применяться следующие показатели:

- время в пути транспортного средства (велокурьера), с;
- средняя скорость транспортного средства (велокурьера), км/ч;
- транспортная доступность выбранного участка, км.

2. Результаты исследования

Предлагаемый подход был применен для анализа потенциала внедрения ВТИ в Калининском районе г. Санкт-Петербурга. В области исследования в соответствии с критериями из табл. 1 была произведена автоматическая классификация отрезков УДС по готовности к внедрению ВТИ, картограмма представлена на рис. 2. Рассматриваемая область была поделена на транспортные районы (рис. 3), служащие источниками и стоками транспортных потоков. В соответствии с рекомендациями [11] при моделировании велосипедного движения в PTV VISUM площадь исследуемых транспортных районов не должна превышать 2 км². Следует отметить, что площади парковых зон, а также внешних районов, входящих в область моделирования, но не входящих в зону исследования, могут превышать 2 км². В соответствии с рекомендациями [12, 13] в модель внесена информация о структуре населения и совершаемых поездках. Также в модель добавлены основные центры притяжения велосипедных потоков (рис. 4). Данные по их количеству и месторасположению взяты из данных сервиса OpenStreetMap.

Так как применяемые методы перераспределения транспортного движения базируются на алгоритме поиска кратчайшего пути, который устанавливает обобщенные пути с наименьшими транспортными затратами:

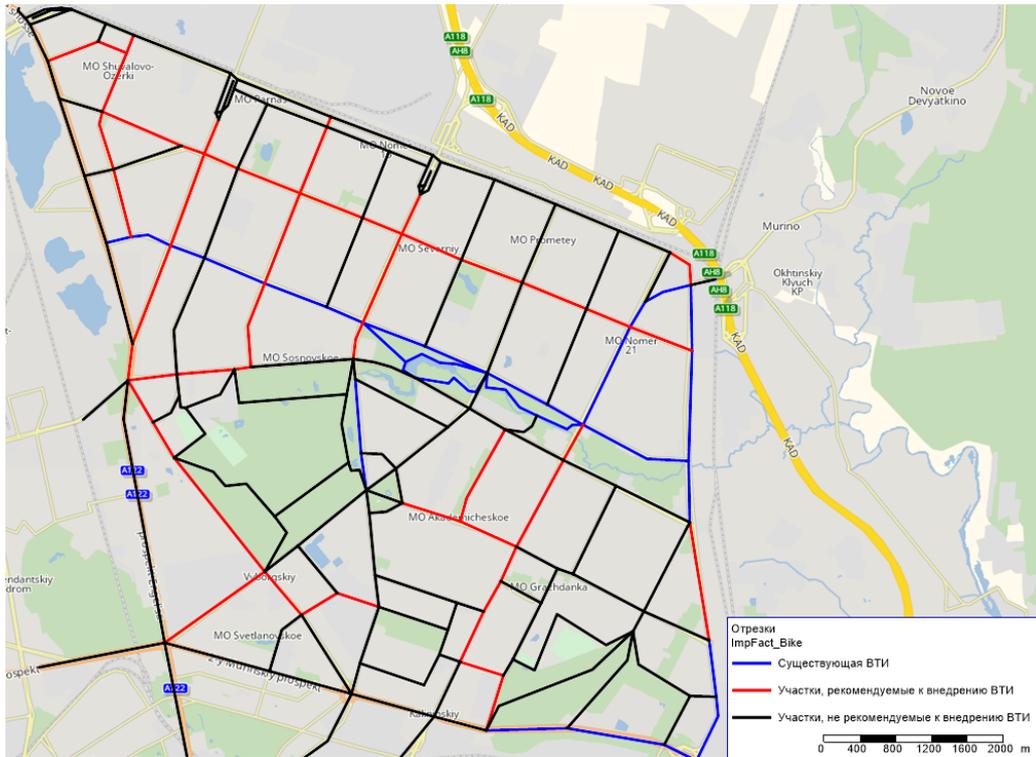


Рис. 2. Участок УДС с выделенной ВТИ и участками, рекомендуемыми к внедрению ВТИ

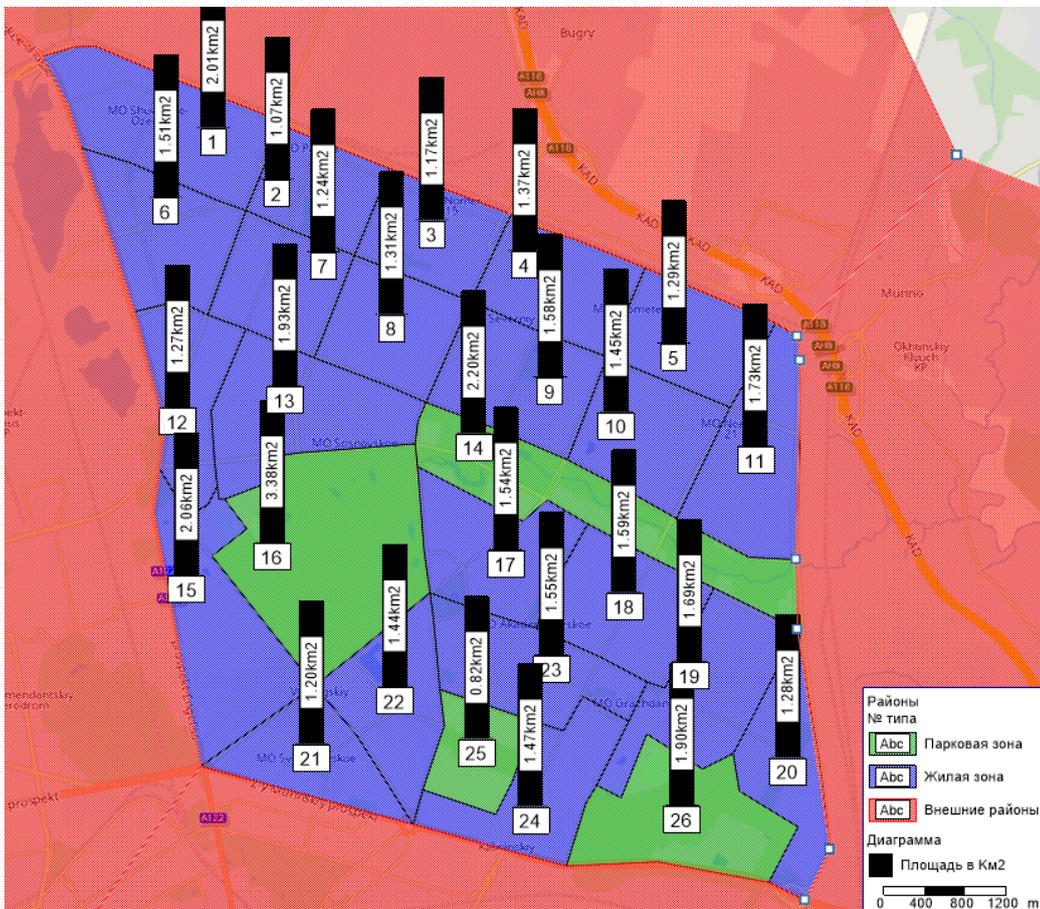


Рис. 3. Районирование участка УДС

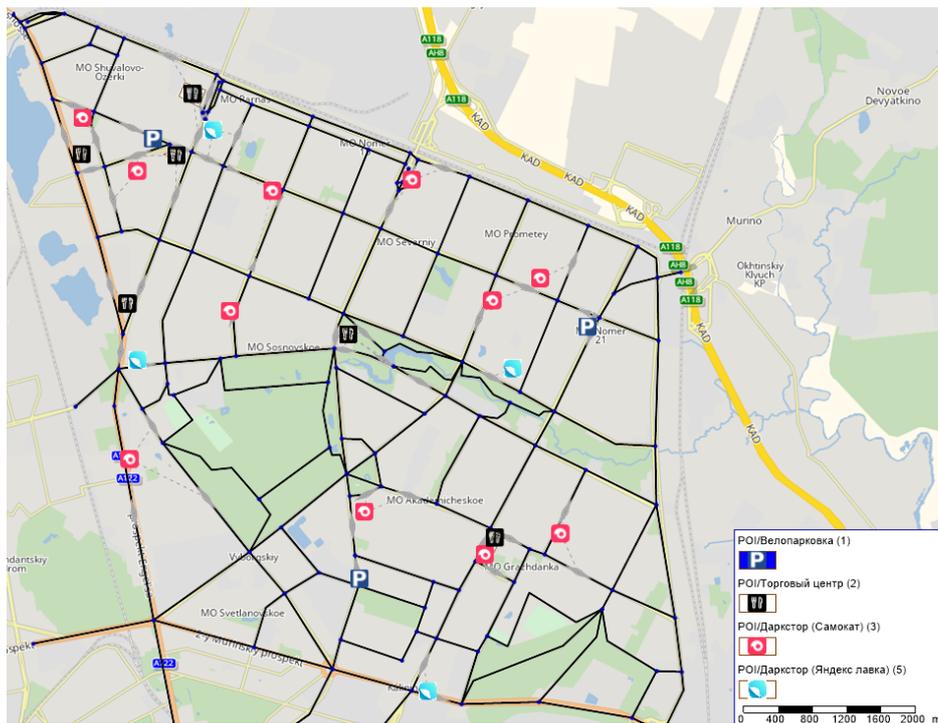


Рис. 4. Расположение центров притяжения велосипедных потоков

– транспортные затраты в отрезках определены как:

$$S_{отр} = t_{акт(B)} + 100 \cdot I_r,$$

где $t_{акт(B)}$ — время движения велосипедиста в нагруженной сети, с;

I_r — коэффициент, учитывающий временные задержки при движении по различным типам инфраструктурных сооружений, вычисляемый по формуле:

$$I_r = I_{VO} \cdot I_{inf},$$

где I_{VO} — коэффициент, учитывающий отношение максимально возможной скорости движения на велосипеде к скорости движения по выбранному типу инфраструктурного сооружения в ненагруженной сети;

I_{inf} — коэффициент, учитывающий отношение временных задержек при движении по выбранному типу инфраструктурного сооружения к временным задержкам при движении по тротуару без обустроенной ВТИ;

– транспортные затраты при совершении поворотов:

$$S_{пов} = 100 \cdot I_t,$$

где I_t — коэффициент, учитывающий отношение временных задержек при выполнении поворота к временным задержкам при прямолинейном движении;

– транспортные затраты в примыканиях:

$$S_{пр} = t_{акт(B)}.$$

Значения коэффициентов для расчета транспортных затрат приведены в табл. 2 и 3.

Для анализа транспортной доступности участков сети от центров притяжения транспортных потоков использован инструмент «изохроны». На рис. 5 показаны изохроны 15-минутной велосипедной доступности — стандартного времени, закладываемого на доставку готовой еды и продуктов [14].

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что при наличии ВТИ основная часть потоков распределяется именно по ней, однако множество велосипедных маршрутов проходит по участкам сети без ВТИ. При этом существуют зоны, транспортная доступность которых превышает максимально

допустимые 15 минут. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что существующая ВТИ не удовлетворяет реальные потребности как обычных велосипедистов, так и велокурьеров вследствие неоптимального расположения и недостаточной плотности.

Для расшивки узких мест предлагается следующий вариант внедрения ВТИ на участках, отобранных по критериям табл. 1, удовлетворяющий основным качественным требованиям:

- в местах, где отсутствуют широкие тротуары, но проезжая часть имеет резервы ширины, предлагается организация велополос в 2 стороны движения;
- организация велопешеходных дорожек в местах, где ширина пешеходных дорожек или тротуаров это позволяет или при наличии параллельных пешеходных путей;
- организация обособленной двусторонней велодорожки в местах, где отсутствуют широкие тротуары и проезжая часть не

Таблица 2

Значения коэффициентов для расчета транспортных затрат в зависимости от типа отрезка

Тип отрезка	Значение коэффициента		
	l_{VO}	l_{inf}	l_r
Велодорожка	1,00	0,5	0,5
Велопешеходная дорожка	1,25	0,75	0,94
Велополоса	1,00	0,95	0,95
Движение по парковой зоне	1,25	0,85	1,06
Движение по тротуару (без ВТИ)	1,5	1,00	1,5
Смешанное движение по дорогам	1,25	1,5	1,88

Таблица 3

Значения коэффициентов для расчета транспортных затрат в зависимости от типа поворота

Тип поворота	Значение коэффициента l_t
Движение прямо	1,0
Правый поворот	1,1
Разворот	1,4
Левый поворот	1,5

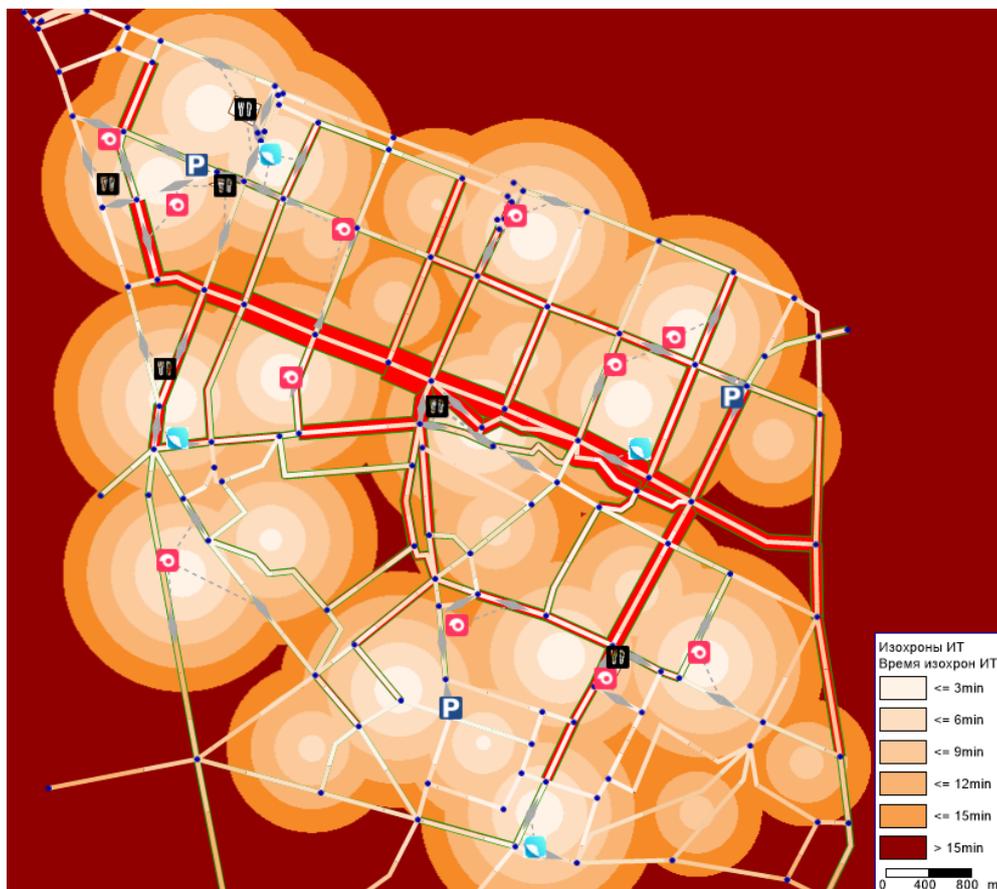


Рис. 5. Изохроны транспортной доступности центров притяжения велосипедным транспортом в исходной модели

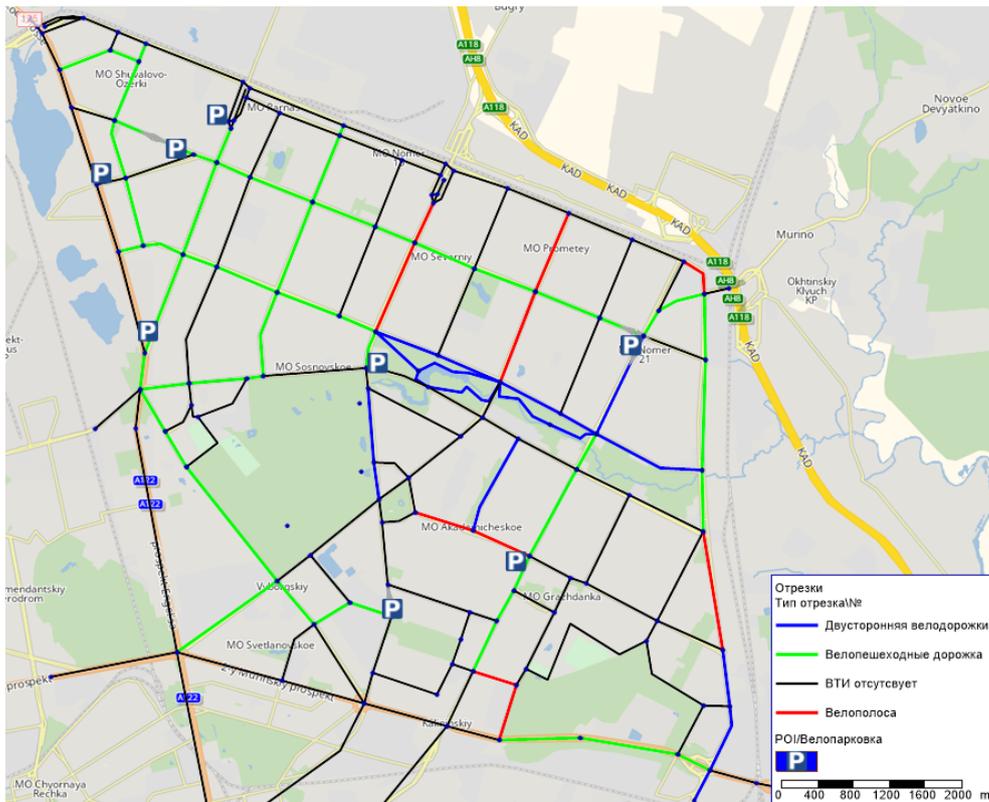


Рис. 6. Предлагаемые мероприятия по развитию ВТИ

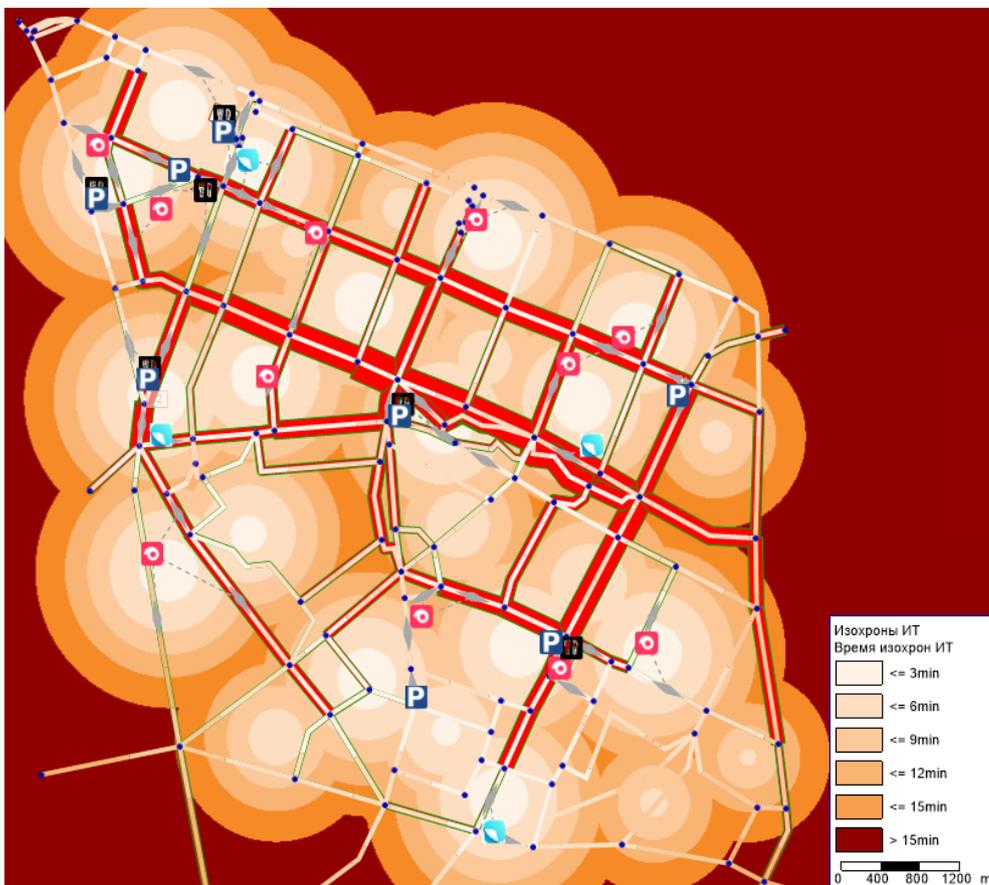


Рис. 7. Изохроны транспортной доступности центров притяжения велосипедным транспортом с учетом предлагаемых изменений

имеет резервов ширины, но имеется возможность проектирования;

- организация велопарковок возле крупных торговых центров с фудкортами и станций метро.

Предложенный вариант изменений конфигурации участка УДС представлен на рис. 6, а на рис. 7 показаны изохроны 15-минутной велосипедной доступности в новой модели сети.

Исходя из результатов сравнения двух транспортных моделей можно сделать вывод о том, что реализация мероприятий по развитию ВТИ, разработанных с применением автоматизированной системы оценки готовности участков УДС к внедрению ВТИ, способствует увеличению транспортной доступности районов, равномерному распределению велотранспортных потоков, снижению показателей затрат времени, а также позволяет связать все ключевые для велолюбителей точки в единую транспортную сеть. Основная часть всех поездок проводится по участкам сети с ВТИ.

Для сравнения показателей затрат в сети используются суммарные значения матриц затрат для велосипедной системы транспорта $TT0_{(B)}$ (матрица затрат в ненагруженной сети t_0) и $TTС_{(B)}$ (матрица затрат в нагруженной сети $t_{акт(B)}$). При внедрении новой ВТИ показатели матриц затрат снизились на 5,3 % в ненагруженной сети и на 4,9 % в нагруженной. Таким образом, мероприятия по развитию ВТИ, разработанные с помощью предлагаемого метода, можно признать эффективными.

Заключение

На основании предложенной методики автоматизированной оценки готовности УДС к внедрению ВТИ был проведен анализ участка УДС в Санкт-Петербурге, рассмотрены варианты возможных изменений текущей конфигурации транспортной сети, а также предложен эффективный вариант интеграции новой велотранспортной инфраструктуры.

Новая ВТИ позволила равномерно распределить велотранспортные потоки внутри рассматриваемого участка УДС, повысила транспортную доступность районов, а также связала все ключевые для велолюбителей точки в единую транспортную сеть. Потенциальное снижение

высокого уровня аварийности с участием велосипедистов и смертности в таких происшествиях, а также формирование опорной сети связанных между собой веломаршрутов в значительной степени ускорят развитие сервисов доставки, а также снизят ежедневные риски для жизни и здоровья велолюбителей. Помимо этого, повышение безопасности передвижений на велосипеде повлечет за собой увеличение заинтересованности среди всех слоев населения.

В связи с потенциальным ростом интереса к велосипедному транспорту прогнозируется улучшение важных показателей городского комфорта и экологичности. За счет уменьшения загрязнения воздуха автомобильным транспортом и снижения уровня шума велосипедизация населения приведет к снижению риска заболеваний физического и психологического характера.

Сделан вывод о том, что существует большой потенциал возможности автоматизации процесса макромоделирования транспортной сети в программных пакетах транспортного моделирования, что позволит не только ускорить процесс оценки эффекта от внедрения ВТИ с минимальными вложениями, но и избежать ошибок неудачного или нецелесообразного проектирования. ▲

Библиографический список

1. Транспорт будущего: как сделать города удобнее для велосипедистов. — 2021. — URL: <https://velofuture.strelka-kb.com/> (дата обращения: 20.05.2022).
2. Сагинова О. В. Модели совместного использования велосипеда в крупном городе / О. В. Сагинова, М. С. Мельников // Российское предпринимательство. — 2018. — Т. 19. — № 4. — С. 1289–1292.
3. Мячин В. Н. Методика оценки уровня обслуживания велосипедного движения / В. Н. Мячин, В. А. Флячинский, В. В. Шуляев, М. Г. Кондрашкин // Транспорт Российской Федерации. — 2021. — № 1–2(92–93). — С. 68–70.
4. Баните А. В. Совершенствование городской транспортной системы путем внедрения адаптивных систем управления дорожным движением / А. В. Баните, Д. С. Деряга, О. В. Леоненко // Автоматика на транспорте. — 2021. — Т. 7. — № 4. — С. 565–583. — DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-4-565-583.
5. Dufour D. Presto Cycling Policy. Guide General Framework / Cycling infrastructure / D. Dufour. — Brussels: European Cyclists' Federation, 2010. — 49 p.
6. Красавцев А. Н. Руководство по созданию быстровозводимой велосипедной инфраструктуры / А. Н. Красавцев и др. — М., 2020. — 96 с.
7. Влияние доставки готовой еды и продуктов питания на бизнес, общество и городскую среду исследование

- РАЭК / НИУ ВШЭ. — 2022. — URL: <https://raec.ru/live/raec-news/13010/> (дата обращения: 05.05.2022).
8. Бутузова А. Б. Оценка транспортного спроса с использованием четырехшаговой транспортной модели / А. Б. Бутузова, Н. А. Елфимова // Молодежный вестник ИрГТУ. — 2020. — Т. 10. — № 4. — С. 41–45.
 9. Hagen-Zanker A. Adaptive zoning for efficient transport modelling in urban models / A. Hagen-Zanker, Y. Jin // Computer Science: Transactions in GIS. — 2013. — Vol. 17. — Iss. 5.
 10. Simetra. Вебинар. Велосипедное движение в PTV Visum. Особенности практической реализации. — 2022. — URL: <https://youtu.be/AmXu99rreVQ> (дата обращения: 05.06.2022).
 11. Плотников Д. Г. Подход к оптимизации структуры системы управления транспортными потоками / Д. Г. Плотников, А. В. Баните, Д. Р. Стахин // Транспорт России: проблемы и перспективы: материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2020 года / ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук. — Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2020. — С. 45–48.
 12. Three Revolutions in Urban Transportation. — 2017. — URL: <https://www.itdp.org/3rs-in-urban-transport> (дата обращения: 15.05.2022).
 13. Красавцев А. Н. Руководство по созданию быстровозводимой велосипедной инфраструктуры / А. Н. Красавцев и др. — М., 2020. — 96 с.
 14. Трофименко Ю. В. Велосипедный транспорт в городах: монография / Ю. В. Трофименко и др.; под науч. ред. Ю. В. Трофименко. — М.: МАДИ, 2020. — 154 с.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2022, Vol. 8, No. 3, pp. 296–306
DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-03-296-306

Prospect of Designing Automation of Urban Veloinfrastructure with the Purpose of Integration of Transport Flows of Delivery Services

Information about authors

Korotkykhin D. A., Master's Degree Student¹. E-mail: korotkykhin.d@mail.ru

Banite A. V., Postgraduate Student¹. E-mail: banite_av@spbstu.ru

Kukushkina E. P., Senior Lecturer¹. E-mail: kuku1312@yandex.ru

Plotnikov D. G., PhD in Engineering. E-mail: plotnikov_dg@spbstu.ru

Leonenko O. V., PhD in Engineering, Associate Professor². E-mail: olegleonenko@gmail.com

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Transport Institute of Mechanical Engineering, Materials and Transport, Saint Petersburg

²Interstate Educational Institution of Higher Education "Belarusian-Russian University", Transport and Technological Machines Department

Abstract: The article is devoted to development prospects for urban street road network with the purpose of integration of delivery service transport flows by the means of velotransport infrastructure introduction and its design process automation. Problems and features of cycle-structure introduction in urban conditions in view of current regulatory framework are analyzed. To solve feasibility tasks on veloinfrastructure designing with the purpose of integration of transport flows for delivery services into an urban environment the methods are proposed including transport model development for prognosis accuracy increase for an effect from being introduced veloinfrastructure onto the considered section of urban street road network. The methods application is demonstrated on the example of Saint-Petersburg city section. The effect from new bicycle infrastructure introduction accordingly delivery average time is assessed on the basis of transport modeling in PTV Visum. In accordance with the analysis pursued, the prospects of bicycle infrastructure introduction into the considered transport districts are described.

Keywords: veloinfrastructure; automation; street road network transport flow; delivery services; cycle courier.

References

1. *Transport budushchego: kak sdelat' goroda udobnee dlya velosipedistov* [Transport of the future: how to make cities more convenient for cyclists]. 2021. Available at: <https://velofuture.strelka-kb.com/> (accessed: May 20, 2022). (In Russian)
2. Saginova O. V., Mel'nikov M. S. Modeli sovместnogo ispol'zovaniya velosipeda v krupnom gorode [Bicycle sharing models in a large city]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship]. 2018, vol. 19, I. 4, pp. 1289–1292. (In Russian)
3. Myachin V. N., Flyachinskiy V. A., Shulyaev V. V., Kondrashkin M. G. Metodika otsenki urovnya obsluzhivaniya velosipednogo dvizheniya [Methodology for assessing the level of service for cycling]. *Transport Rossiyskoy Federatsii* [Transport of the Russian Federation]. 2021, I. 1–2(92–93), pp. 68–70. (In Russian)
4. Banite A. V. Sovershenstvovanie gorodskoy transportnoy sistemy putem vnedreniya adaptivnykh sistem upravleniya dorozhnym dvizheniem [Improving the urban transport system by introducing adaptive traffic control systems]. *Avtomatika na transporte* [Avtomatika na transporte]. 2021, vol. 7, I. 4, pp. 565–583. DOI 10.20295/2412-9186-2021-7-4-565-583. (In Russian)
5. Dufour, D. Presto Cycling Policy. Guide General Framework. Cycling infrastructure. Brussels: European Cyclists' Federation, 2010. 49 p.
6. Krasavtsev A. N. *Rukovodstvo po sozdaniyu bystrovzvodimoy velosipednoy infrastruktury* [Guidelines for the creation of prefabricated bicycle infrastructure]. Moscow, 2020. 96 p. (In Russian)
7. *Vliyaniye dostavki gotovoy edy i produktov pitaniya na biznes, obshchestvo i gorodskuyu sredu issledovaniye RAEK / NIU VShE* [The impact of the delivery of ready-made food and food products on business, society and the urban environment, research by RAEC / NRU HSE]. 2022. Available at: <https://raec.ru/live/raec-news/13010/> (accessed: May 05, 2022). (In Russian)
8. Butuzova A. B. Otsenka transportnogo sprosa s ispol'zovaniem chetyrekhshagovoy transportnoy modeli [Evaluation of transport demand using a four-step transport model]. *Molodezhnyy vestnik IrGTU* [Youth Bulletin of ISTU]. 2020, vol. 10, I. 4, pp. 41–45. (In Russian)
9. Hagen-Zanker A., Jin Y. Adaptive zoning for efficient transport modelling in urban models. *Computer Science. Transactions in GIS*, 2013, vol. 17, I. 5.
10. *Simetra. Vebinar. Velosipednoye dvizheniye v PTV Visum. Osobennosti prakticheskoy realizatsii, 2022 g.* [Simetra. Webinar. Cycling in PTV Visum. Features of practical implementation, 2022]. Available at: <https://youtu.be/AmXu99rreVQ> (accessed: June 05, 2022). (In Russian)
11. Plotnikov D. G. Podkhod k optimizatsii struktury sistemy upravleniya transportnymi potokami [Approach to optimizing the structure of the traffic management system]. *Transport Rossii: problemy i perspektivy — 2020: Materialy Yubileynoy mezhdunarodnoy-nauchno prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 10–11 noyabrya 2020 goda* [Transport of Russia: problems and prospects – 2020: Proceedings of the Anniversary International Scientific practical conference, St. Petersburg, November 10–11, 2020]. St. Petersburg: Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN Publ., 2020, pp. 45–48. (In Russian)
12. Three Revolutions in Urban Transportation. 2017. Available at: <https://www.itdp.org/3rs-in-urban-transport> (accessed: May 15, 2022).
13. Krasavtsev A. N. *Rukovodstvo po sozdaniyu bystrovzvodimoy velosipednoy infrastruktury* [Guidelines for the creation of prefabricated bicycle infrastructure]. Moscow, 2020. 96 p. (In Russian)
14. Trofimenko Yu. V. *Velosipednyy transport v gorodakh* [Bicycle transport in cities]. Moscow: MADI Publ., 2020. 154 p. (In Russian)