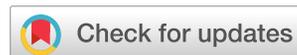


УДК 004.67;656.072; 656.142  
<https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-198-215>  
<https://elibrary.ru/MZHPSG>  
Научная статья



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕШЕХОДНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

С. С. Войтенков\*, М. В. Банкет

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, Россия

<http://orcid.org/i/0000-0002-7965-5274>, e-mail: [voiser@mail.ru](mailto:voiser@mail.ru)

<http://orcid.org/i/0000-0002-1901-8150>, e-mail: [mikhail\\_banket@mail.ru](mailto:mikhail_banket@mail.ru)  
\*ответственный автор

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Настоящая статья посвящена проблеме определения территориальной (пешеходной) доступности остановочных пунктов в крупных городах, которая является одним из показателей качества транспортного обслуживания населения.

Целью исследования является разработка методики определения территориальной (пешеходной) доступности остановочных пунктов крупного города, насчитывающего тысячу и более остановочных пунктов, на основе общедоступных данных. Причиной исследования послужила сложность решения данной задачи, обусловленная большим количеством как самих остановочных пунктов, так и жилых объектов, непрямолинейностью кратчайшего пешеходного подхода, отсутствием подробных инструкций по выполнению расчетов и т. д. На основе обзора российских и иностранных научных источников рассмотрены подходы к определению территориальной доступности остановочных пунктов с учетом различных дополнительных параметров, таких как количество маршрутов, проходящих через остановочный пункт, интенсивность пассажирообмена, доступность социально значимых объектов и др. Приведены существующие сложности и особенности в определении доступности остановочных пунктов для индивидуальных и многоквартирных жилых домов. В рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» при подготовке заявки на приобретение подвижного состава пассажирского транспорта для г. Омска авторами была проведена научно-практическая работа, в результате которой разработана методика, позволяющая преодолеть некоторые сложности в определении транспортной доступности остановочных пунктов в условиях крупного города путем использования частично автоматизированного подхода на отдельных ее этапах.

**Материалы и методы.** В частности, были применены такие инструменты, как конструктор карт Яндекс, табличный редактор excel, надстройка xtools для excel, программа QGIS, макрос в excel, использующий JavaScript API и HTTP геокодер.

**Результаты.** Расчет территориальной доступности остановочных пунктов с помощью разработанной методики проведен для г. Омска. Применение данной методики позволяет сократить трудоемкость расчетов до 10 раз.

**Обсуждение.** В обсуждении полученных результатов представлены указания по дальнейшему совершенствованию разработанной методики.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** расстояние кратчайшего пешеходного пути, автоматизация, визуализация, геоинформатика, качество транспортного обслуживания, доступность.

**БЛАГОДАРНОСТИ.** Выражаем благодарность Трегубченко Вячеславу Абдырасуловичу, выпускнику профиля «Транспортная логистика» направления подготовки «Технология транспортных процессов» за активную работу по исследованию вопросов пешеходной доступности остановочных пунктов г. Омска.

Статья поступила в редакцию 02.08.2021; одобрена после рецензирования 04.04.2022; принята к публикации 12.04.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

© Войтенков С. С., Банкет М. В., 2022



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Войтенков С. С., Банкет М. В. Определение пешеходной доступности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта // Вестник СибАДИ. 2022. Т.19, № (2). С. 198-215. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-198-215>

<https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-198-215>

<https://elibrary.ru/MZHPSG>

Original article

## DETERMINATION OF PEDESTRIAN ACCESSIBILITY FOR URBAN PUBLIC TRANSPORT STOPS

**Sergei S. Voitenkov\*, Mikhail V. Banket**

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),  
Omsk, Russia

<http://orcid.org/i/0000-0002-7965-5274>, e-mail: voiser@mail.ru

<http://orcid.org/i/0000-0002-1901-8150>, e-mail: mikhail\_banket@mail.ru

\*corresponding author

### ABSTRACT

**Introduction.** This article is devoted to the problem of determining the territorial (pedestrian) accessibility of stopping points in large cities, which is one of the indicators of the quality of transport services for the population.

The aim of the study is to develop a methodology for determining the territorial (pedestrian) accessibility of stopping points of a large city with a thousand or more stopping points, based on publicly available data. The cause of the study was the difficulty of solving this problem, due to the large number of both stopping points and residential facilities, the straightforwardness of the shortest pedestrian approach, the lack of detailed instructions for performing calculations, etc. Based on the review of Russian and foreign scientific sources, approaches to determining the territorial accessibility of stopping points were considered, taking into account various additional parameters, such as the number of routes passing through a stopping point, the intensity of passenger exchange, the availability of socially significant objects, etc. The existing difficulties and peculiarities in determining the availability of stopping points for individual and multi-apartment residential buildings are given.

In the framework of the System-wide measures for the development of road facilities federal project and the Safe and high-quality roads national project when preparing an application for the purchase of passenger transport rolling stock for Omsk, the authors carried out scientific and practical work, as a result, a methodology has been developed to overcome some difficulties in determining the transport accessibility of stopping points in a large city by using a partially automated approach at its individual stages.

**Materials and methods.** In particular, tools such as Yandex Map Designer, Table Excel Editor, Xtools Add-in for Excel, QGIS program, Macro in Excel using JavaScript API and HTTP geocoder were used.

**Results.** The calculation of territorial accessibility of stopping points using the developed methodology was carried out for Omsk. The application of this technique allows to reduce labour intensity of calculations up to 10 times.

**Discussion.** The discussion of the results presented guidelines for further improvement of the developed methodology.

**KEYWORDS:** distance of shortest walking path, automation, visualization, geoinformatics, quality of transport service, accessibility.

The article was submitted 02.08.2021; approved after reviewing 04.04.2022; accepted for publication 12.04.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Sergei S. Voitenkov\*, Mikhail V. Banket Determination of pedestrian accessibility for urban public transport stops. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2022; 19 (2): 198-215. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-198-215>

© Voitenkov S. S., Banket M. V., 2022



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

## ВВЕДЕНИЕ

Доступность остановочных пунктов является распространенной темой для исследований ученых-транспортников. При этом пешие передвижения лежат в основе городской мобильности [1, 2], когда они удобны и оптимальны по протяженности. Ряд исследований [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] рассматривают доступность остановочных пунктов с разных точек зрения и на основе множества критериев: комфорт, удобство, безопасность и т. д.

Территориальная доступность является одним из важных показателей уровня транспортного обслуживания населения, представленного в социальном стандарте<sup>1</sup>. Показатель территориальной доступности остановочных пунктов включен в перечень параметров федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», а также прописан в комплексной программе модернизации пассажирского транспорта в городских агломерациях в соответствии с поручением Президента РФ от 04.05.2020<sup>2</sup>. Для данного показателя определен следующий целевой ориентир: 100% доступность для многоквартирных жилых домов и  $\geq 90\%$  для индивидуальных жилых домов.

Территориальная доступность остановочных пунктов – это расстояние кратчайшего пешеходного пути следования от ближайшей к остановочному пункту точки границы земельного участка, на котором расположен объект, до ближайшего остановочного пункта, который обслуживается маршрутом регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом с учетом обхода естественных и искусственных преград. Также

в документе<sup>1</sup> сказано, что расстояние кратчайшего пешеходного пути не должно превышать для многоквартирных жилых домов 500 м, а для индивидуальных жилых домов 800 м.

Авторы [10, 11] используют графический метод оценки пешеходной доступности остановочных пунктов на основе геоинформационных систем, отображая вокруг каждого остановочного пункта окружности с радиусом, равным величине предельного расстояния пешеходной доступности.

По мнению Л. И. Свердлина<sup>3</sup> подход с использованием расстояний кратчайшего пешеходного пути не более конкретного числа метров не является исчерпывающим потому, что:

1) ставит в одинаковые условия индивидуума, пользующегося остановками, через которые проходят многочисленные и насыщенные подвижным составом маршруты или подходящего к остановке, обслуживающей 1-2 малодейственных маршрута;

2) не отвечает на вопросы, в какой планировочной зоне города передвижение зарождается и к какой его части это требование относится.

В первом случае не учитывается дополнительное, иногда весьма продолжительное, время на ожидание транспорта, а во втором – отсутствие такового после прибытия на остановку цели передвижения. Кроме этого, остановки общественного транспорта (ОТ) располагаются, как правило, вблизи крупных объектов тяготения жителей, что сокращает путь следования от остановок прибытия к этим объектам.

Также автор статьи<sup>4</sup> Л. И. Свердлин, ссылаясь на мнение Б. В. Черепанова<sup>5</sup>, который утверждает, что пешеходный подход к остановке, ожидание подвижной единицы, следование от остановки до цели передвижения должны рассматриваться как элементы

<sup>1</sup> Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».

<sup>2</sup> Комплексная программа модернизации пассажирского транспорта в городских агломерациях: поручение Президента РФ от 04.05.2020 г.

<sup>3</sup> Свердлин Л. И. Пешеходная доступность остановок общественного транспорта. Методический аспект // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции, 14–15 июня 2004 г. С. 139–142

<sup>4</sup> Свердлин Л. И. Пешеходная доступность остановок общественного транспорта. Методический аспект // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции, 14–15 июня 2004 г. С. 139–142

<sup>5</sup> Черепанов Б. В. Методика комплексной оценки территории города по транспортным критериям/ Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния // Материалы V Международной конференции. Екатеринбург. 1999. С. 34–38.

общей транспортной доступности городских объектов, измеряемые во времени, говорит, что таким образом открывается возможность нормировать предельную доступность остановочных пунктов не только по дальности, а по продолжительности пешеходного подхода и включать в нее время ожидания транспорта.

Л. И. Свердлин<sup>4</sup> приводит накладные затраты времени на поездку, куда входят: продолжительность подхода к остановке посадки, ожидания транспорта на остановке, а также следования от остановки высадки до цели передвижения, которые составляют 13-20 мин в зависимости от доли передвижений с пересадками, по опыту градостроительного проектирования и многочисленным публикациям, ссылаясь на Ф. А. Касумова<sup>6</sup> и А. Е. Роговина<sup>7</sup>.

В нормально организованном городе накладные затраты времени не должны превышать 15 мин<sup>4</sup>. Средние затраты времени на пешеходный подход к остановке по исследованиям составляет 6-7 мин<sup>8</sup>, максимальные, исходя из предельной нормативной дальности 500 м и скорости пешехода 4 км/ч – 7,5 мин. Время ожидания транспорта на остановке может достигать в среднем 3-4 мин. Суммарная величина этой части накладных затрат равна 10 мин<sup>4</sup>.

Далее автор делает вывод о том, что зона пользования остановкой при ее графическом воспроизведении на плане города по своей форме не является кругом, очерченным относительно конкретной остановки, а эллипсом<sup>4</sup>.

В исследовании [12] авторы предприняли попытку использовать генетический алгоритм для совершенствования пешеходной доступности остановочных пунктов.

Компания Transport for London (TfL) для оценки уровня доступа к общественному транспорту использует показатель PTAL (Public transport accessibility level), который оценивает выбранное место в зависимости от того, насколько близко оно находится к общественному транспорту и насколько часты услуги в этом районе [13]. Использование карт уровней территориальной доступности общественного

транспорта (карт PTAL) также представлено в исследованиях на примере городов Индии и Северной Ирландии [14, 15] с использованием современных геоинформационных систем и средств пространственной визуализации.

Описанные в научных исследованиях подходы и решения основаны на готовых базах данных координат остановочных пунктов, жилых домов и учреждений различного назначения, маршрутов общественного транспорта, расписаний. Однако не для всех городов такие базы данных созданы и их формирование является не простой и трудоемкой задачей. В настоящей статье рассмотрен вариант определения пешеходной доступности остановочных пунктов на основе данных общего доступа.

На данный момент существуют следующие сложности в определении территориальной доступности остановочных пунктов:

- в нормативных документах нормируется только расстояние от участка объекта до остановочного пункта;

- существует мало баз данных с подробной информацией о работе общественного транспорта и сфер деятельности, связанных с ним;

- требуется затрачивать большое количество времени на поиск и подсчет данных об адресах и их координат;

- нет подробно описанных инструкций по нахождению территориальной доступности остановочных пунктов и ее обоснованию без специального программного обеспечения в условиях отсутствия данных о расстояниях, координат домов и остановочных пунктов.

Социальный стандарт транспортного обслуживания населения по территориальной доступности остановочных пунктов дает только расстояние кратчайшего пешеходного пути от границ участков объектов до остановочных пунктов. Данное расстояние не может полностью оценить доступность остановочных пунктов, что может привести к недостаточной доступности остановочных пунктов и негативно отразиться на использовании транспорта общего пользования населением.

<sup>6</sup> Касумов Ф. А. Исследование пешеходных составляющих транспортных передвижений // Город и пассажир. Тезисы докладов ко II Ленинградской науч. конф. Л., 1971. С. 207–214.

<sup>7</sup> Роговин А. Е., Белинский А. Ю., Аванесов И. Г. Закономерности передвижений населения Минска // Проблемы комплексного развития транспортных систем городов. Тезисы докладов и сообщений Всесоюзного науч.-техн. семинара. Минск. 1978. С. 138–141.

<sup>8</sup> Ваксман С. А., Штыро Я. И. О влиянии возраста на затраты времени при подходе к остановочному пункту ГПТ // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы VI Международной конференции. Екатеринбург. 2000. 51 с.

Поэтому необходимо учитывать как можно больше факторов, влияющих на территориальную доступность остановочных пунктов, чтобы оценить данный показатель обоснованно, что и продемонстрировано в исследовании<sup>9</sup>. Необходимо учитывать такие данные, как количество маршрутов, проходящих через конкретный остановочный пункт, интервал движения подвижного состава на данных маршрутах, пассажирообмен остановочного пункта, плотность населения конкретного района, среднее время подхода к остановочному пункту, координаты остановочных пунктов, координаты жилых домов, тип жилого дома, а также адреса жилых домов для обоснования точности полученных данных.

Некоторые из выше перечисленных данных, такие как интервал движения подвижного состава и пассажирообмен остановочных пунктов не всегда возможно получить без проведения специальных обследований, так как не весь городской общественный транспорт работает по расписанию и предоставляет сведения GPS-навигатора для отслеживания интервала движения по маршруту, а также терминалы оплаты проезда с отслеживанием географического расположения подвижного состава на маршруте во время оплаты пассажиром проезда, что позволило бы наблюдать пассажирообмен конкретного остановочного пункта.

Согласно обзору российских и иностранных источников, существуют разные подходы и методы оценки территориальной доступности остановочных пунктов. Одни из них учитывают дополнительные условия и ограничения, другие содержат возможность визуализации, но все они оперируют наличием определенной исходной информации (плотность населения, разбивка на транспортные районы, данные о пассажирообмене, интервалах движения, базах данных остановочных пунктов и различных объектов и т. д.), которую не всегда возможно получить, не прибегая к дорогостоящим транспортным обследованиям.

Целью исследования, отдельные результаты которого изложены в данной статье, является разработка методики определения территориальной (пешеходной) доступности остановочных пунктов крупного города, насчи-

тывающего тысячу и более остановочных пунктов, на основе общедоступных данных.

### Существующие методы и подходы определения территориальной доступности остановочных пунктов

*Метод определения территориальной доступности остановочных пунктов с учетом продолжительности пешеходного подхода и времени ожидания транспорта.*

Л. И. Свердлин<sup>4</sup> приводит формулы для нахождения радиусов пешеходной доступности  $R_{max}$  и  $R_{min}$ :

$$R_{max} = 55,8 * \quad (1)$$

$$R_{min} = 67,0 * \quad (2)$$

где  $M_{тр}$ ,  $M_a$  – количество маршрутов троллейбуса и автобуса, проходящих через данную остановку, ед.;

$I_{тр}$ ,  $I_a$  – средний маршрутный интервал движения по троллейбусу и автобусу, мин.

Для более правильного расчета показателя территориальной доступности остановочных пунктов можно использовать круги не с одним радиусом пешеходной доступности, взятым из нормативных документов, а эллипсы с минимальными и максимальными радиусами пешеходной доступности, посчитанными на основе количества проходящих маршрутов и их интервалу движения<sup>4</sup>. Использование эллипсов в данном подходе приводит к усложнению подсчета количества домов, входящих в зону данного эллипса.

*Метод определения территориальной доступности остановочных пунктов для социально значимых объектов города.* В [16] приведен подход к оценке транспортно-пешеходной доступности микрорайонов, медицинских и других (социально значимых) учреждений г. Ижевска к остановочным пунктам общественного транспорта. Данный метод был использован в 2016 г. для г. Ижевска.

Для моделирования доступности авторами был применен метод оценки пространственного разграничения, который подразумевает расчет сложности преодоления пространства, разделяющего начальный и конечный пункт. В качестве меры преодоления пространства авторами было использовано время.

<sup>9</sup> Морозов А. С. Способы расчёта показателя пешеходной доступности остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта для жилых домов / А. С. Морозов, А. А. Черников, К. В. Молоденов, М. А. Колесникова // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов V Международной научно-практической онлайн-конференции, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Москва: Российский университет транспорта, 2020. С. 126–137

Множество начальных пунктов, от которых была рассчитана доступность, – это центроиды всех кварталов, имеющих сквозной проезд.

При моделировании использована «парная» доступность – от одной до другой точки, то есть для каждого центроида жилого дома определяется расстояние только до ближайшего остановочного пункта.

Доступность измеряется в минутах, потраченных человеком для преодоления расстояния от центроида квартала до ближайшего остановочного пункта.

Особенность данного метода в том, что город делится на участки с «центроидами» размером 100 на 100 м, расстояние от центроида квартала до ближайшего остановочного пункта берется с учетом реальных маршрутов, учитывается время подхода к остановочному пункту пешеходом и интервалы движения общественного транспорта.

Достоинство данного метода состоит в том, что:

- оценить среднюю доступность конкретного района можно сразу, не прибегая к дополнительным расчетам;
- простота визуализации доступности конкретных районов города.

Недостатки данного метода заключаются в:

- сложности производства расчетов;
- отсутствии возможности оценить пешеходную доступность остановочного пункта для конкретного дома.

*Подход определения территориальной доступности остановочных пунктов с учетом деления города на транспортные районы и интенсивности пассажирообмена.* В статье Д. К. Тимофеевой<sup>10</sup> приведен подход к определению территориальной доступности остановочных пунктов с учетом деления города на транспортные районы и интенсивности пассажирообмена.

Для работы с картой в данном методе использовалась программа КОМПАС-3D, которая позволяет с помощью внутренних инструментов работать с загруженной картой, а также «SAS. Планета», имеющая возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности из большого количества картографических сервисов.

Данный метод основывается на расстояниях кратчайших пешеходных путей от границ участков объектов до остановочных пунктов, утвержденных Министерством транспорта РФ, то есть:

1) для остановочных пунктов, расположенных в культурно-бытовых и общественно-деловых зонах, принято расстояние пешей доступности 500 м;

2) для остановочных пунктов, расположенных в промышленных зонах, принято расстояние кратчайшего пешеходного пути 800 м;

3) остановочные пункты с малой интенсивностью пассажиропотоков для рассмотрения не принимаются.

В данном методе для анализа остановочных пунктов проводится их классификация по критерию интенсивности пассажирообмена.

Для упрощения анализа остановочных пунктов производится транспортное районирование города. На карте отмечаются транспортные районы, которые были получены при классификации остановочных пунктов.

Далее отмечаются предельные расстояния кратчайшего пешеходного пути от границ участков объектов до остановочных пунктов. В графическом виде эти расстояния изображены в виде окружностей, центрами которых являются остановочные пункты.

Затем выделяются полученные предельные расстояния в зависимости от значений пассажирообмена. В графическом виде это окружности разных цветов, так как пассажирообмен делится на 3 группы: большой, средний и малый. Большой пассажирообмен обозначается красным, средний пассажирообмен – оранжевым, а малый пассажирообмен – зеленым (рисунок 1).

После получения карты с наглядным изображением территориальной доступности можно проанализировать полученные данные. Сделать это можно как отдельно для каждого транспортного района, так и для всего города в целом.

<sup>10</sup> Тимофеева Д. К. Способ решения задачи территориальной доступности остановочных пунктов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции, 25 ноября 2019 г. С. 33–36.

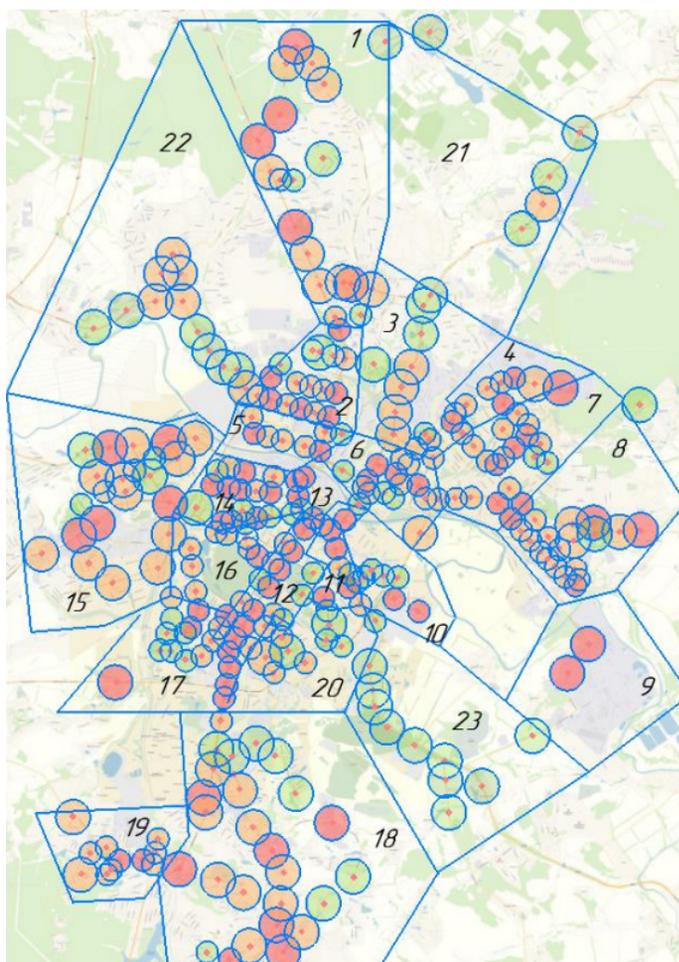


Рисунок 1 – Пример карты территориальной доступности остановочных пунктов<sup>11</sup>

Figure 1 – An example of the map of the territorial accessibility of stopping points<sup>11</sup>

Метод, указанный в данной статье, позволяет анализировать территориальную доступность остановочных пунктов по конкретному транспортному району, учитывая его плотность населения и количество остановочных пунктов с тем или иным пассажирообменом как по отдельному району, так и по всему городу.

Достоинства данного подхода:

- возможность оценить важность доступности конкретного остановочного пункта по интенсивности пассажирообмена;
- позволяет увидеть конкретный участок с менее развитой доступностью остановочных пунктов.

Недостатком такого подхода является то, что в нем приводится только способ классифицирования и визуализации данных о пешеходной доступности остановочных пунктов, то есть он может применяться только для оценки доступности остановочных пунктов.

#### Методы определения территориальной доступности остановочных пунктов в зарубежных источниках

Компания Transport for London (TfL), которая отвечает за планирование и эксплуатацию транспортной системы Лондона, приводит описание различных инструментов, используемых для оценки «связности», и методов, на которых они основаны [13].

<sup>11</sup> Тимофеева Д. К. Способ решения задачи территориальной доступности остановочных пунктов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции, 25 ноября 2019 г. С. 33–36.

TfL под словом «связность» понимает то, насколько хорошо различные места связаны друг с другом с помощью транспортной системы. Если подвижной состав разных видов городского транспорта работает более эффективно, то уровень связности улучшается.

TfL указывает, что вместо этого нередко используется слово «доступность». Но в TfL термин «доступность» используют, когда речь идет конкретно об общественном транспорте, который является шаговым и подходит для людей с различными потребностями. Шаговая доступность является одним из аспектов хорошей связности, но оценка связности с конкретным местом также включает в себя другие факторы, касающиеся качества транспортных связей.

TfL представляет и описывает три основных типа оценки связности для транспортной сети:

Показатель PTAL (Public transport accessibility level) (уровень доступа к общественному транспорту), который оценивает выбранное место в зависимости от того, насколько близко оно находится к общественному транспорту и насколько часты услуги в этом районе.

Отображение времени в пути, графически отображающее, сколько времени требуется для перемещения из выбранного места в другое место или как далеко вы можете проехать за заданное количество времени.

Анализ «пассажиро-сбора», описывающий, сколько рабочих мест или различных видов

услуг существует в течение определенного времени движения из выбранного места.

Первый метод является основным в определении уровня доступности общественного транспорта, остальные два метода дополняют его, привнося дополнительную информацию для полной оценки доступности общественного транспорта.

Для вычисления значений PTAL используется четыре набора данных:

1) Список мест, для которых нужны значения PTAL, которые могут представлять собой дома, офисы, магазины и т. д.

2) Данные о местоположении всех станций и остановок общественного транспорта. TfL называет их точками доступа к услугам (service access points).

3) Пешеходная сеть города, описывающая все улицы и тропинки, которые можно использовать для прогулок. Это необходимо для расчета времени ходьбы от начала поездок людей до сети общественного транспорта.

4) Данные по всем маршрутам общественного транспорта в городе, точкам доступа к услугам, которые обслуживает каждый из них, и их частотам. Это могут быть либо текущие услуги, либо ожидаемые будущие услуги, в зависимости от того, какой тип PTAL мы хотим рассчитать.

Представление PTAL на карте осуществляется с помощью квадратов с размерами одной стороны от 50 до 100 м и определенным цветом в соответствии с полученным индексом доступа AI (таблица 1).

Таблица 1  
Цветовое обозначение уровней доступности [13]

Table 1  
Color explanation of availability levels [13]

Уровень доступа к общественному транспорту PTAL	Диапазон индекса доступа AI	Цвет квадрата	
0 (наихудший)	0		
1a	0.01–2.50		
1b	2.51–5.0		
2	5.01–10.0		
3	10.01–15.0		
4	15.01–20.0		
5	20.01–25.0		
6a	25.01–40.0		
6b (наилучший)	40.01+		

К примеру, для Лондона было подсчитано около 150 000 квадратов для отображения уровня доступа к общественному транспорту (рисунок 2).

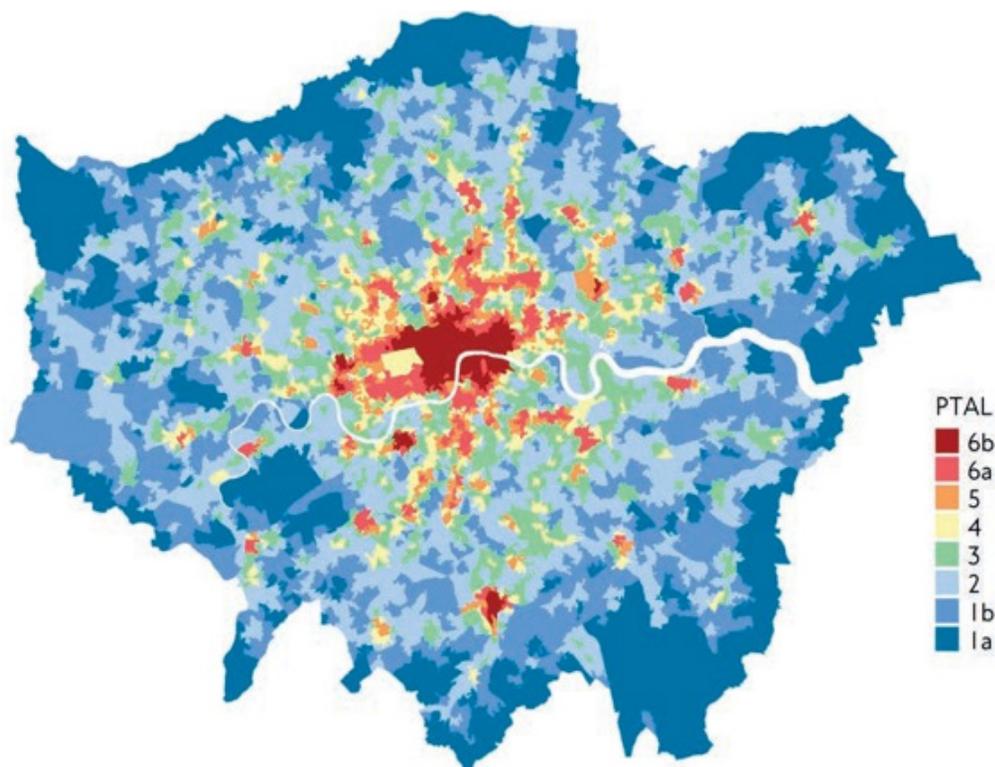


Рисунок 2 – Карта уровня доступа к общественному транспорту Лондона [14]

Figure 2 – London public transport access level map [14]

Описанный метод PTAL является сложным и требует большого количества данных об общественном транспорте и сфер деятельности, связанных с ним.

Данный метод определения уровня доступа к общественному транспорту был также применен и адаптирован к тематическому исследованию г. Ахмадабада (Индия), который был описан в статье [17]. Было получено визуальное представление уровней доступности общественного транспорта с учетом средней скорости и времени ходьбы, расстояний до остановок общественного транспорта и частот движения в часы пик различных видов общественного транспорта, использован картографический инструмент GIS. Данная статья завершается инициированием дискуссии о потенциальном использовании PTAL – картирования для улучшения практики планирования, такой как разработка генеральных планов с интеграцией землепользования и транспорта, определение приоритетов общественного транспорта и поддержка инвестиций, разработка политики парковки и разработка правил транзитно-ориентированного зонирования.

Преимущества метода PTAL в том, что доступность к общественному транспорту оценивается полностью, включая разные сопутствующие

данные, позволяя оценивать данный показатель под разными углами.

Недостатками метода являются:

- необходимость создания большого количества баз данных о множестве показателей (расстояний пешеходных и транспортных передвижений, времени на выполнение передвижений, частот движения различных видов общественного транспорта в разное время суток, список и координаты всех домов, остановочных пунктов и станций и т. д.);

- сложность расчета доступности без специально разработанного программного обеспечения;

- сложность объединения данных из различных сопутствующих областей.

Также существуют и другие методы оценки территориальной доступности остановочных пунктов в иностранных источниках, например, в статьях [18, 190] описана многоступенчатая методика оценки доступности автобусных остановок, исходящая из кластера из семи показателей, описывающих объективные и субъективные особенности, влияющие на выбор пассажирами той или иной автобусной остановки. Эти показатели взвешиваются с помощью вопросника, представленного экспертам.

Затем разрабатывается многокритериальный анализ для получения окончательной

оценки, однозначно описывающей доступность каждой остановки. Результаты сопоставляются, и в качестве примера приводится тематическое исследование в Риме, где оценивается 231 автобусная и трамвайная остановка.

Полученные результаты показывают актуальность городской сети и окружающей среды для оценки доступности и содействия более устойчивым моделям мобильности. Исследовательские инновации опираются на возможность объединения данных из различных областей в конкретную GIS-карту и легко выделяют для каждой автобусной остановки взаимосвязи между построенной средой, комфортом пассажиров и доступностью с конечной целью предоставления передовых знаний для дальнейшего применения.

Как видно из представленных выше зарубежных исследований, определение территориальной доступности остановочных пунктов активно ведется и включает в себя большое количество оценок, сопутствующих данному показателю для более полного его анализа. Это требует большого количества информации об общественном транспорте и различных программных средствах.

Также в данных методах не указаны способы подсчета конкретного количества объектов с низким или высоким уровнем доступности на основе общедоступных данных, таких как координаты и адреса, для более полного понимания и обоснования уровня доступности конкретного объекта.

#### Методика определения территориальной доступности остановочных пунктов и расчет данного показателя на примере г. Омска

Для определения показателя пешеходной доступности необходимо знать общее количество жилых домов (кроме дач и различных садоводческих товариществ) в городе, а также количество домов, находящихся внутри и вне радиуса пешеходной доступности остановочных пунктов.

Для этого необходимы следующие базы данных о жилых домах и остановочных пунктах в пределах территории города:

- координаты жилых домов;
- тип жилого дома, то есть индивидуальный жилой дом ИЖД (с числом квартир менее 9) или многоквартирный жилой дом МЖД (с числом квартир более 9)<sup>12</sup>;
- координаты остановочных пунктов;
- адреса жилых домов (для подтверждения полученных результатов).

Схема методики по определению территориальной доступности остановочных пунктов представлена на рисунке 3.

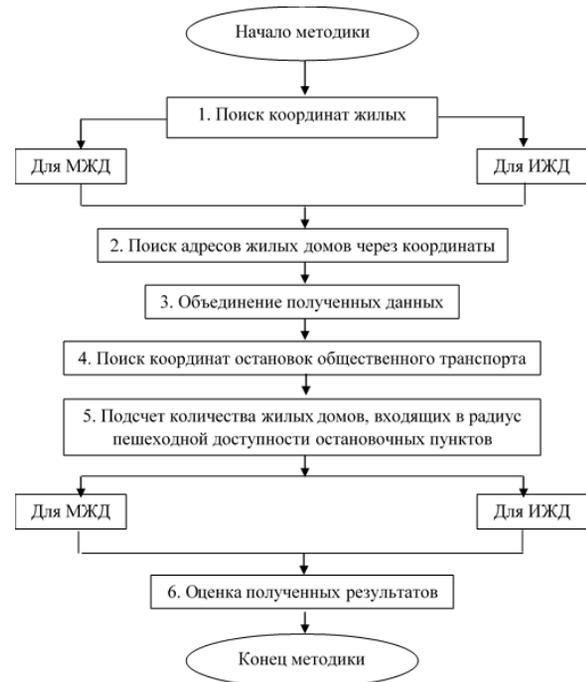


Рисунок 3 – Схема методики определения территориальной доступности остановочных пунктов  
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Scheme of the methodology for determining the territorial accessibility of stopping points  
Source: compiled by the authors.

На первом этапе производится поиск координат жилых домов. Быстрый поиск координат жилых домов осуществляется через конструктор Яндекс. Карт<sup>13</sup>, который позволяет отмечать дома на карте, как это показано на примере индивидуальных жилых домов (рисунок 4).

<sup>12</sup>. Порядок определения субъектов РФ для реализации мероприятия по обновлению подвижного состава наземного общественного пассажирского транспорта в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Утвержденный протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» от 19 ноября 2019 г. №8.

<sup>13</sup>. Конструктор карт. Яндекс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/support/maps-builder/concept/index.html>

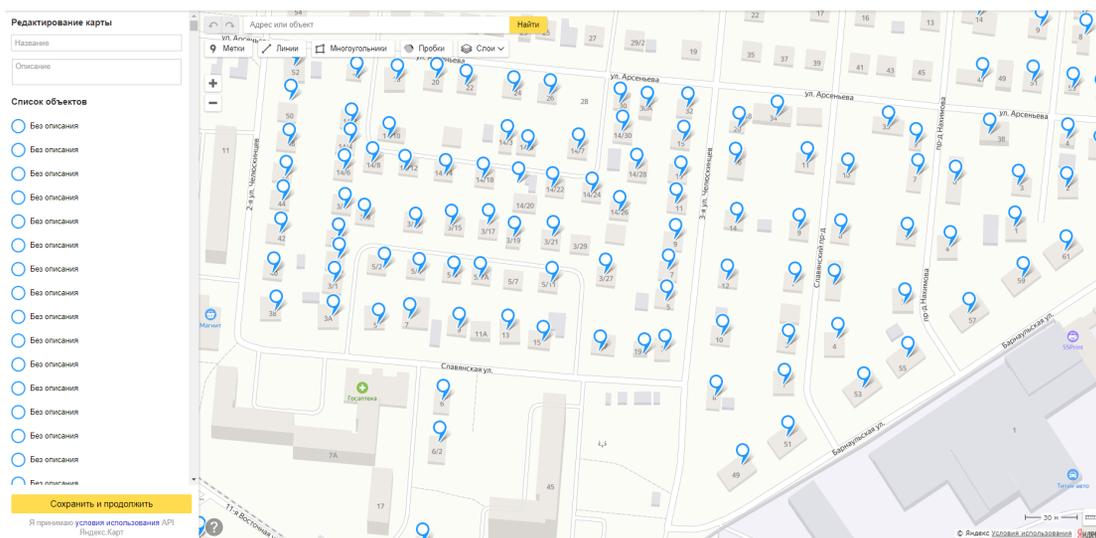


Рисунок 4 – Разметка ИЖД с помощью конструктора Яндекс. Карт  
Источник: составлено авторами

Figure 4 – Layout of the individual residential building (IRB) using the Yandex map constructor  
Source: compiled by the authors.

Данный способ позволяет сократить время на поиск координат всех жилых домов города в 7-8 раз. Ручным способом с копированием каждой координаты получается примерно 400 адресов в час, в то время как представленным методом – примерно 3000 адресов в час.

Карта города делится на районы, и в каждом районе отдельно отмечаются многоквартирные жилые дома, а также отдельно индивидуальные жилые дома, для их дальнейшей сортировки по типам.

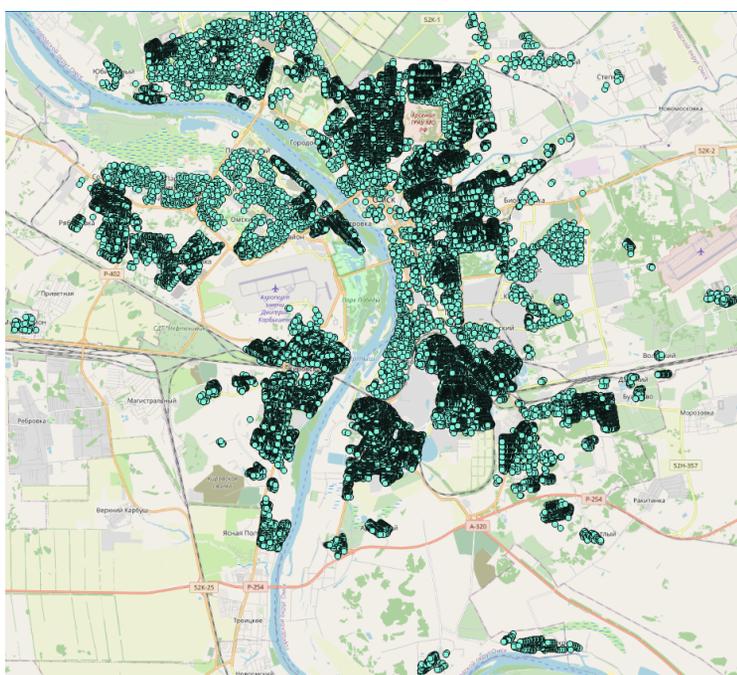


Рисунок 5 – Карта координат всех жилых домов г. Омска  
Источник: составлено авторами с помощью программы QGIS.

Figure 5 – The map of the all residential buildings coordinates in the city of Omsk  
Source: compiled by the authors using QGIS software.

	A	B
1	Объект для поиска (адрес либо координаты)	Адрес Яндекс
2	73.40276235713155 55.004431462529844	Россия, Омск, Барнаульская улица, 14
3	73.40295011176258 55.00428654322158	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 24
4	73.40304130686913 55.00420020806772	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 26
5	73.40319687499195 55.00406453816311	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 28
6	73.40333634986074 55.003928867797605	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 30
7	73.40341681613118 55.00384561529968	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 32
8	73.40352946890984 55.003771612933605	Россия, Омск, 3-я Восточная улица, 34
9		
10		
11		
12		

Рисунок 6 – Результаты поиска адресов через координаты  
Источник: составлено авторами.

Figure 6 – The results of searching for addresses through coordinates  
Source: compiled by the authors.

	A	B	C	D
1	Координаты		Адрес	Тип дома
2	Широта	Долгота		
3	55.0269647	73.2833292	Россия, Омск, микрорайон Городок Нефтяников, бу	МЖД
4	55.0276846	73.2831874	Россия, Омск, микрорайон Городок Нефтяников, бу	МЖД
5	55.0283928	73.2832828	Россия, Омск, микрорайон Городок Нефтяников, бу	МЖД
6	54.9560666	73.3805856	Россия, Омск, бульвар Победы, 1	МЖД
7	54.9548874	73.3846408	Россия, Омск, бульвар Победы, 10	МЖД
8	54.954604	73.3811845	Россия, Омск, бульвар Победы, 2А	МЖД

Рисунок 7 – Файл excel с данными для поиска пешеходной доступности остановочных пунктов  
Источник: составлено авторами.

Figure 7 – An excel file with data to search for pedestrian accessibility of stopping points  
Source: compiled by the authors.

Карта с координатами жилых домов представлена на рисунке 5.

Данная карта получена с помощью программы QGIS, которая позволяет отобразить большое количество точек.

На втором этапе производится поиск адресов жилых домов через координаты. Все координаты и адреса берутся с Яндекс. Карты. Автоматизация для повышения производительности по поиску адресов жилых домов достигается с помощью JavaScript API и HTTP геокодера<sup>14</sup>, выполняющего поиск адресов по координатам через файл excel с записями марксов (рисунок 6).

На третьем этапе происходит объединение всех полученных данных. Все данные с координатами, типами домов и адресами собираются в одном файле excel для более простой работы с ними (рисунок 7).

На четвертом этапе производится поиск координат остановок общественного транспорта. Также как и для жилых домов необходимо с помощью Яндекс конструктора создать базу данных координат по всем остановкам общественного транспорта.

На пятом этапе происходит подсчет количества жилых домов, входящих в радиус пешеходной доступности остановочных пунктов.

<sup>14</sup> Автоматизация повседневных задач. Excel Store [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://excelstore.pro/download-page.html?s=189>



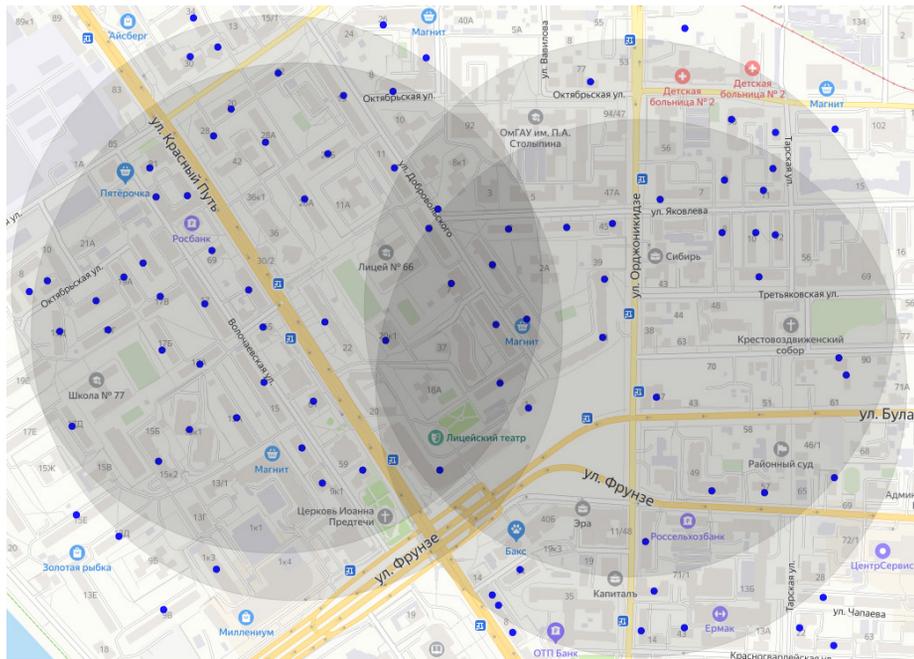


Рисунок 9 – Координаты МЖД с окружностями от остановочных пунктов радиусами 417 м  
 Источник: составлено авторами с помощью программы Яндекс. Карты.

Figure 9 – MRB coordinates with circles from stopping points with radius of 417 meters  
 Source: compiled by the authors using Yandex. Maps.

где  $C$  – расстояние от остановочного пункта до жилого дома, м;  
 $x_a$  – координата широты жилого дома, градусы°;  
 $x_b$  – координата широты остановочного пункта, градусы°;  
 $y_a$  – координата долготы жилого дома, градусы°;  
 $y_b$  – координата долготы остановочного пункта, градусы°;  
 111,111 – перевод градусов в километры (в одном градусе широты 111,111 километров), км;

$\cos()$  – перевод градусов долготы в километры (один градус долготы в километрах на определенной широте равен  $\cos(\text{широты}^\circ)$ , умноженный на 111,111 км);

1000 – перевод километров в метры, м.

Применение данной формулы для большого числа координат возможно с помощью excel.

К формуле (3) при расчете расстояния необходимо добавить функцию «ЕСЛИ», которая будет выдавать 1, если расстояние меньше или равно 667 м для ИЖД и 417 м для МЖД, иначе будет выдаваться 0 (рисунок 10).

=ЕСЛИ(КОРЕНЬ(((A7*111,111-H\$5*111,111)^2+(B7*(ОКРУГЛ(COS(A7*ПИ()/180);2)*111,111)-H\$6*(ОКРУГЛ(COS(H\$5*ПИ()/180);2)*111,111))^2)*1000<=667;1;0)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1												
2	В 1 градусе	111,1349 км										
3	Радиус ПД	667 метров										
4							Координаты остановок					
5	Координаты ИЖД					x	11-й микр	11-й микр	11-й микр	11-й микр	12-й микр	12-й микр
6	x	y	Доступ	сть ИЖД	y		54,97897	54,98029	54,98079	54,98124	54,98072	54,98092
7	54,894404	73,47523	1				=ЕСЛИ(КО	0	0	0	0	0
8	54,894451	73,47485	1				0	0	0	0	0	0
9	54,894461	73,47451	1				0	0	0	0	0	0

Рисунок 10 – Подсчет количества ИЖД, входящих в радиус пешеходной доступности с помощью excel  
 Источник: составлено авторами.

Figure 10 – Calculation of the number of IRB included in the radius of walking distance using Excel  
 Source: compiled by the authors.

38193	54,9181939	73,36705		1			0	0	0
38194	54,9180734	73,36727		1			0	0	0
38195	54,9185987	73,36724		1			0	0	0
38196	54,9186049	73,36762		1			0	0	0
38197	54,9183206	73,36768		1			0	0	0
38198	54,9182093	73,36759		1			0	0	0
38199									
38200	Кол. ИЖД вход. в радиус ПД			36418					
38201	Кол. ИЖД не вход. в радиус ПД			1774					
38202									
38203	Общее количество ИЖД			38192					

Рисунок 11 – Результаты расчета количества ИЖД, входящих в радиус пешеходной доступности с помощью excel  
Источник: составлено авторами.

Figure 11 – The results of calculating the number of IRB included in the radius of walking distance using Excel  
Source: compiled by the authors.

Далее необходимо найти сумму всех единиц для каждой строки жилого дома, и если сумма будет больше 1, то в данной ячейке отобразится 1, которая будет означать, что данный ИЖД входит в радиус пешеходной доступности, в противном случае 0, который подтверждает, что данный ИЖД находится вне радиуса.

Далее рассчитывается количество единиц и отдельно количество нулей, которые покажут количество ИЖД или МЖД, входящих в радиус пешеходной доступности и не входящих в него (рисунок 11).

Те же действия необходимо провести и для МЖД.

На шестом этапе производится оценка полученных результатов, то есть полученное количество жилых домов, входящих в радиус

пешеходной доступности, в процентах сравнивается с ориентиром транспортного обслуживания по доступности остановочных пунктов, указанного в [3, с.5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно основным положениям комплексной программы модернизации пассажирского транспорта в городских агломерациях в соответствии с поручением Президента РФ от 04.05.2020 г. целевой ориентир транспортного обслуживания для оптимизации маршрутных сетей в отношении доступности остановок общественного транспорта для МЖД составляет 100%, для МЖД больше или равно 90%.

Территориальная доступность остановочных пунктов г. Омска, рассчитанная по разработанной методике, представлена в таблице 2.

Таблица 2  
Территориальная доступность остановочных пунктов г. Омска  
Источник: составлено авторами.

Table 2  
Territorial accessibility of stopping points in Omsk  
Source: compiled by the authors.

Показатель	Тип дома				В общем	
	МЖД, ед.	ИЖД, ед.	МЖД, %	ИЖД, %	ед.	%
Количество входящих в радиус пешеходной доступности	5116	36418	91,41	95,36	41534	94,85
Количество не- входящих в радиус пешеходной доступности	481	1774	8,59	4,64	2255	5,15
Общее количество	5597	38192	100,00	100,00	43789	100,00

Согласно таблице 2 для достижения стандартов по доступности остановок общественного транспорта необходимо предусмотреть строительство остановок для 481 многоквартирного жилого дома для обеспечения доступности в 100%. Для индивидуальных жилых домов доступность соблюдается так, как она выше 90%, но для достижения 100% необходимо строительство остановок для 1774 индивидуальных жилых домов.

Полученные результаты по доступности (в процентах) могут быть выше, если для полученных адресов домов, не вошедших в радиус пешеходной доступности по предыдущим расчетам, определить расстояние пешеходного подхода по действующим тропинкам пешеходного передвижения. При этом полученные расстояния нужно сравнивать с указанными расстояниями кратчайшего пешеходного пути до остановочного пункта согласно стандарту<sup>16</sup>.

## ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная методика основывается на подсчете жилых домов, входящих в зону пешеходной доступности из всех имеющихся жилых домов города только на основе расстояний кратчайшего пешеходного пути от границ участков объектов до остановочных пунктов согласно требованиям<sup>25</sup>. Это дает лишь приблизительную оценку транспортной доступности остановочных пунктов и не выявляет конкретного транспортного района с «плохой» доступностью, а также не учитывает:

- интервал движения подвижного состава на маршрутах, проходящих через конкретные остановочные пункты;
- количество маршрутов, проходящих через остановочный пункт;
- пассажирообмен остановочного пункта;
- плотность населения для конкретного остановочного пункта;
- среднее время подхода к остановочному пункту.

Кроме того, методика учитывает жилые дома не по их географическим контурам, а в виде одной точки в условном центре здания. Для повышения точности отображения результатов можно использовать расстояния от контуров домов до остановочных пунктов, но это приведет к увеличению времени на поиск координат как минимум в 4 раза, в за-

висимости от геометрической формы дома в плане.

Тем не менее применение данной методики значительно уменьшает время для определения показателя территориальной доступности остановочных пунктов, так как подсчет количества всех жилых домов города и домов, не входящих в радиус пешеходной доступности остановочных пунктов, занимает большое количество времени. Учитывая большое количество жилых домов в городах, это имеет существенное значение.

Такая методика имеет свои ограничения и недостатки, но может служить основой для дальнейшего улучшения.

Направлениями совершенствования данной методики являются:

- учет пассажирообмена и интервала движения городского пассажирского транспорта;
- более точный учет непрямолинейности пеших передвижений;
- поиск мест для строительства новых остановок.

Разработка данной методики позволила существенно сократить трудоемкость решения задачи определения территориальной доступности остановочных пунктов в границах г. Омска, что позволило вовремя и более точно рассчитать и обосновать долю жилых домов, входящих в радиус территориальной доступности остановочных пунктов.

В качестве улучшения полноты и большей точности показателя территориальной доступности остановочных пунктов можно использовать метод по нахождению радиуса пешеходной доступности, описанный Л. И. Свердлиным, который учитывает при расчете радиуса интервалы движения городского пассажирского транспорта. Интервал движения можно определить по данным тренинга общественного транспорта с учетом потерь времени каждого пассажира в пути. Метод, позволяющий это сделать, разработан и показан в статье [20]. Методика, описанная в статье, позволяет накапливать и обрабатывать большое количество данных в динамике за определенный период, что дает возможность оценить доступность того или иного района города либо остановочного пункта более точнее, так как, например, при использовании данной методики в Москве было выяснено, что чем ближе

<sup>16</sup> Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».

к центру Москвы, тем больше времени уходит на поездку в пересчете на 1 км пути. Это свидетельствует о том, что хоть остановка и входит в радиус пешеходной доступности, но она может нести куда меньше пользы по сравнению с остальными, что в свою очередь зависит не только от времени в движении на 1 км пути, но и от количества проходящих через остановочный пункт маршрутов пассажирского общественного транспорта. В то же время такие методы не требуют так много данных для более полной оценки территориальной доступности остановочных пунктов в сравнении с методом PTAL, указанным в настоящей статье.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cervero R.; Guerra, E.; Al, S. *Beyond Mobility: Planning Cities for People and Places*; Island Press: Washington, DC, USA, 2017; pp. 109–117.
2. Razmik Agampatian. Using GIS to measure walkability: A Case study in New York City, Master's of Science Thesis in Geoinformatics TRITA-GIT EX 14-002, April 2014, 65 p.
3. Littman T. Transit Oriented Development: Using Public Transit to Create More Accessible and Livable Neighborhoods. In *TDM Encyclopedia*; Victoria Transport Policy Institute: Victoria, BC, USA, 2017.
4. Sinha K. C.; Labi S. *Transportation Decision Making*; Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2007; pp. 23–27.
5. Banister D. *Unsustainable Transport*; Routledge: London, UK, 2005. pp. 124–128.
6. Ardeshiri A.; Willis, K.; Ardeshiri, M. Exploring preference homogeneity and heterogeneity for proximity to urban public services. *Cities* 2018, 81. Pp. 190–202.
7. Ding J.; Yi, Z.; Li, L. Accessibility measure of bus transit networks. *IET Intell. Transp. Syst.* 2018, 12. Pp. 682–688.
8. Danilina N., Elistratov D. Organization of municipal transport access control system. Passenger service models // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. Pp. 132-137. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.034
9. Lakhota S., Rao K.R., Tiwari G. Accessibility of bus stops for pedestrians in Delhi // *Journal of Urban Planning and Development*. 2019. Vol. 145. No. 4. Pp. 050190151. DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000525
10. Головнин О. К., Кондратьева Е. О. Исследование методов оценки пешеходной доступности остановок общественного транспорта // *Intelligent Technologies for Intelligent Decision Making Support*. 2016. С. 182–185.
11. Михеев С. В., Кондратьева Е. О., Головнин О. К. Моделирование пешеходной доступности общественного транспорта // *ИТ & Транспорт: сб. науч. статей; под ред. Т. И. Михеевой*. Самара: Интелтранс, 2015. Т.4.
12. Zubkova E. & Saprykin, Oleg & Saprykina, O & Tihonov A. (2019). A method of improving the pedestrian accessibility of the urban public transport stops based on a genetic algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*. 1368.042027.10.1088/1742-6596/1368/4/042027. [https://www.researchgate.net/publication/337550977\\_A\\_method\\_of\\_improving\\_the\\_pedestrian\\_accessibility\\_of\\_the\\_urban\\_public\\_transport\\_stops\\_based\\_on\\_a\\_genetic\\_algorithm](https://www.researchgate.net/publication/337550977_A_method_of_improving_the_pedestrian_accessibility_of_the_urban_public_transport_stops_based_on_a_genetic_algorithm)
13. Transport for London. "Measuring Public Transport Accessibility Level PTALS Summary" <http://content.tfl.gov.uk/connectivity-assessment-guide.pdf>, Transport for London Windsor House 42-50 Victoria Street London SW1H 0TL April 2015 tfl.gov.uk;
14. Adhvaryu, Bhargav; Chopde, Abhay; Dashora, Lalit. Mapping public transport accessibility levels (PTAL) in India and its applications: A case study of Surat. *Case Studies on Transport Policy*, 2019, Vol. 7, Iss. 2, pp. 293–300. [Электронный ресурс]: [https://www.researchgate.net/publication/331759277\\_Mapping\\_public\\_transport\\_accessibility\\_levels\\_PTAL\\_in\\_India\\_and\\_its\\_applications\\_A\\_case\\_study\\_of\\_Surat](https://www.researchgate.net/publication/331759277_Mapping_public_transport_accessibility_levels_PTAL_in_India_and_its_applications_A_case_study_of_Surat). DOI: 10.1016/j.cstp.2019.03.004.
15. Wu, B. M., Hine, J. P. A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. *Transport Policy*, 2003, Vol. 10, Iss. 4, pp. 307–320. DOI: 10.1016/S0967-070X(03)00053-2.
16. Сидоров В. П., Ситников П. Ю. Транспортная доступность как показатель рациональной организации работы городского пассажирского транспорта // *Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле*. 2017. Т. 27, Вып. 4. С. 547–553.
17. Shah, Jay S & Adhvaryu, Bhargav. 2016. Public Transport Accessibility Levels for Ahmedabad, India. *Journal of Public Transportation*: <https://core.ac.uk/download/pdf/194961932.pdf>, accessed November 10. 2020.;
18. A Methodology to Evaluate Accessibility to Bus Stops as a Contribution to Improve Sustainability in Urban Mobility / Corazza, M. V.; Favaretto, N. In: *SUSTAINABILITY*. ISSN 2071-1050. 11:3(2019).
19. Corazza M. V.; Musso A.; Karlsson M. A. More accessible bus stops: Results from the 3iBS research project. In *Transport Infrastructure and Systems*; Dell'Acqua, G., Wegman, F., Eds.; CRC Press/Taylor & Francis Group: London, UK, 2017; pp. 641–650.
20. Шитова Ю., Шитов Ю., Власов Д. ГИС-мониторинг потерь времени на маршруте дом-работа (на примере маршрута Подмосковье–Москва) / Ю. Шитова, Ю. Шитов, Д. Власов // *Проблемы теории и практики управления*. 2017. № 11. С. 103–114.

### REFERENCES

1. Cervero R., Guerra, E., Al, S. *Beyond Mobility: Planning Cities for People and Places*. *Island Press*: Washington, DC, USA, 2017. pp. 109–117.
2. Razmik Agampatian. Using GIS to measure walkability: A Case study in New York City. Master's of Science *Thesis in Geoinformatics TRITA-GIT EX 14-002*, April 2014. 65 p.
3. Littman T. Transit Oriented Development: Using Public Transit to Create More Accessible and Livable Neighborhoods. In *TDM Encyclopedia*, *Victoria Transport Policy Institute*: Victoria, BC, USA, 2017.

4. Sinha K.C., Labi, S. *Transportation Decision Making*, Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2007. pp. 23–27.
5. Banister D. *Unsustainable Transport*, Routledge: London, UK, 2005. pp. 124–128.
6. Ardeshiri A., Willis, K., Ardeshiri, M. Exploring preference homogeneity and heterogeneity for proximity to urban public services. *Cities* 2018, 81. Pp. 190–202.
7. Ding J., Yi, Z., Li, L. Accessibility measure of bus transit networks. *IET Intell. Transp. Syst.* 2018, 12. Pp. 682–688.
8. Danilina N., Elistratov D. Organization of municipal transport access control system. Passenger service models. *Transportation Research Procedia*, 2017. Vol. 20. Pp. 132-137.
9. Lakhota S., Rao K.R., Tiwari G. Accessibility of bus stops for pedestrians in Delhi. *Journal of Urban Planning and Development*. 2019. Vol. 145. No. 4. Pp. 050190151. DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000525
10. Golovnin O. K. *Issledovanie metodov ochenki peshekhodnoj dostupnosti ostanovok obshchestvennogo transporta* [Study of methods for assessing the pedestrian accessibility of public transport stops]. *Intelligent Technologies for Intelligent Decision Making Support*. 2016. pp. 182-185.
11. Miheev S. V., Kondrat'eva E. O., Golovnin O. K. Modelirovanie peshekhodnoj dostupnosti obshchestvennogo transporta [Modeling the pedestrian accessibility of public transport]. *IT & Transport: sb. nauch. statej, pod red. T.I. Miheevoj*. Samara: Inteltrans, 2015. T.4.
12. Zubkova E, Saprykin O, Saprykina O., Tihonov A. A method of improving the pedestrian accessibility of the urban public transport stops based on a genetic algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*. 1368.042027.10.1088/1742-6596/1368/4/042027. URL: [https://www.researchgate.net/publication/337550977\\_A\\_method\\_of\\_improving\\_the\\_pedestrian\\_accessibility\\_of\\_the\\_urban\\_public\\_transport\\_stops\\_based\\_on\\_a\\_genetic\\_algorithm](https://www.researchgate.net/publication/337550977_A_method_of_improving_the_pedestrian_accessibility_of_the_urban_public_transport_stops_based_on_a_genetic_algorithm).
13. *Transport for London. Measuring Public Transport Accessibility Level PTALS Summary* URL: <http://content.tfl.gov.uk/connectivity-assessment-guide.pdf>, Transport for London Windsor House 42-50 Victoria Street London SW1H 0TL April 2015 tfl.gov.uk.
14. Adhvaryu, Bhargav, Chopde, Abhay, Dashora, Lalit. Mapping public transport accessibility levels (PTAL) in India and its applications: A case study of Surat. *Case Studies on Transport Policy*. 2019; 7, Iss. 2: 293–300. URL: [https://www.researchgate.net/publication/331759277\\_Mapping\\_public\\_transport\\_accessibility\\_levels\\_PTAL\\_in\\_India\\_and\\_its\\_applications\\_A\\_case\\_study\\_of\\_Surat](https://www.researchgate.net/publication/331759277_Mapping_public_transport_accessibility_levels_PTAL_in_India_and_its_applications_A_case_study_of_Surat).
15. Wu B. M., Hine, J. P. A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. *Transport Policy*. 2003; Vol. 10, Iss. 4: 307–320.
16. Sidorov V. P., Sitnikov P. YU. Transportnaya dostupnost' kak pokazatel' racional'noj organizacii raboty gorodskogo passazhirskogo transporta [Transport accessibility as an indicator of the rational organization of urban passenger transport]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle*. 2017; Vol. 27. Iss. 4: 547-553.
17. Shah, Jay S & Adhvaryu, Bhargav. 2016. Public Transport Accessibility Levels for Ahmedabad, India. *Journal of Public Transportation*, URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/194961932.pdf>, accessed November 10. 2020.
18. A Methodology to Evaluate Accessibility to Bus Stops as a Contribution to Improve Sustainability in Urban Mobility / Corazza M. V., Favaretto, N. In: *SUSTAINABILITY*. ISSN 2071-1050. 11:3 (2019).
19. Corazza M.V., Musso, A., Karlsson, M.A. More accessible bus stops: Results from the 3iBS research project. In *Transport Infrastructure and Systems*. Dell'Acqua, G., Wegman, F., Eds., CRC Press/Taylor & Francis Group: London, UK, 2017. pp. 641–650.
20. SHitova Y. U., SHitov Y. U., Vlasov D. GIS-monitoring poter' vremeni na marshrute dom-rabota (na primere marshruta Podmoskov'e-Moskva) [GIS-monitoring of time losses on the route home-work (on the example of the Moscow region-Moscow route)]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 2017; No. 11: 103-114. (in Russ.)

## ВКЛАД СОАВТОРОВ

Войтенков С. С. *Общее руководство, постановка задачи, оформление статьи, формулировка выводов.*

Банкет М. В. *Организационная поддержка, оформление статьи.*

## COAUTHOR'S CONTRIBUTION

Sergei S. Voitenkov *Overall management, problem statement, article design, conclusion statement.*

Mikhail V. Banket *Organisational support, article design.*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Войтенков Сергей Сергеевич – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте».

Банкет Михаил Викторович – канд. техн. наук, доц., декан факультета «Автомобильный транспорт».

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei S. Voitenkov – *Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Organization of Transportation and Management in Transport Department.*

Mikhail V. Banket – *Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the Automobile Transport Faculty.*