

Научная статья
УДК 656.022.9

Доступность и методы её оценки в процессах планирования городских транспортных систем

Вадим Валерианович Донченко

Открытое акционерное общество Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ), Москва, Россия
donchenko@niiat.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы принципиального изменения в подходах к планированию городских транспортных систем. Анализируются причины недостаточной эффективности решений, принимаемых в рамках городской транспортной политики. Приводится критика традиционного транспортного планирования, ориентированного на улучшение мобильности. Отмечается, что «доступность», как цель формирования городской среды может быть обеспечена не только за счет совершенствования транспортной системы, но также за счет совершенствования землепользования и градостроительных решений, изменения в способах предоставления услуг в таких сферах, как торговля, здравоохранение, образование и т.д. Рассматриваются вопросы количественной оценки доступности в городской среде. Дается описание подходов к формированию количественных показателей доступности, которые могут использоваться при градостроительном и транспортном планировании. Предложен комплексный показатель доступности на основе использования гравитационной модели транспортного поведения с включением в него функции импеданса, учитывающей оценки качества услуг различных видов городского транспорта.

Ключевые слова: транспортные системы, мобильность, доступность, транспортное планирование, гравитационный показатель, многоугольник качества поездки.

Для цитирования: Донченко В.В. Доступность и методы её оценки в процессах планирования городских транспортных систем // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №1 (35).

Original article

Accessibility and methods of its assessment in urban transport systems planning

Vadim V. Donchenko

Joint-Stock company Scientific and Research Institute of Motor Transport (NIAT),
Moscow, Russia
donchenko@niiat.ru

№ 1(35)
март 2023

Abstract. The article discusses the issues of fundamental changes in approaches to planning of urban transport systems. The reasons for the insufficient effectiveness of decisions taken within the framework of urban transport policy are analyzed. A critique of traditional transport planning focused on improving mobility is presented. It is noted that "accessibility" as the goal of cities' formation can be achieved not only by improving the transport system, but also by improving land use and urban planning solutions, changes in the ways of providing services in such areas as trade, health, education, etc. The issues of quantitative assessment of accessibility in urban environment are considered. The approaches to the formation of quantitative accessibility indicators which can be used in urban and transport planning are described. A comprehensive accessibility indicator is proposed based on the use of a gravity model of transport behavior with the inclusion of an impedance function that takes into account the assessment of the quality of services of various modes of urban transport.

Keywords: transport systems, mobility, accessibility, transport planning, gravity indicator, trips' quality polygon.

For citation: Donchenko V.V. Accessibility and methods of its assessment in urban transport systems planning. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №1 (35).

Введение

Понятие «доступность» впервые появилось в зарубежных научных публикациях в сфере транспорта в конце 1950-х годов, включая работу [1], в которой это понятие определялось как «потенциал возможностей для взаимодействия». За последние 15 лет концепция обеспечения качества и удобства жизни в городах вышла на первый план.

Доступность различных объектов притяжения в городах может быть обеспечена как их физическим приближением к пользователям («близостью»), так и за счет работы транспорта («транспортная доступность»). Поэтому, рассматривая термин «доступность» применительно к градостроительной и транспортной политикам в контексте принятой в Российской Федерации терминологии следует различать «транспортную доступность» (или доступность транспорта) и «территориальную доступность различных мест и объектов притяжения для населения и бизнеса». Обеспечение территориальной доступности становится главной целью комплексного градостроительно-транспортного планирования, позволяющего при помощи «открытого дизайна» и городского планирования

создать условия для быстрого и комфортного движения и эффективной мобильности.

Современные подходы к определению и оценке доступности при планировании устойчивых транспортных систем

Сейчас специалисты по транспортному планированию, как правило, используют более простые оценочные показатели мобильности, характеризующие уровни обслуживания населения существующей инфраструктурой (скорость движения/сообщения, загруженность улично-дорожных сетей и др.). В то время, как эти показатели представляют практичные и надежные измерители движения транспортных потоков и передвижения людей, они в основном отражают качество инфраструктуры и не являются надежными показателями уровня доступности для конкретного домохозяйства (или района, его жителей) важнейших мест притяжения, включая рабочие места и другие услуги. Показатели мобильности также не говорят о том, что движет транспортным спросом. К сожалению, меры по обеспечению роста мобильности только усугубляют проблемы, связанные с экономическим и транспортным неравенством, финансовой и экологической устойчивостью городов. Повышению скорости и борьбе с заторами, как правило, способствует строительство дорог, которое приносит пользу, в первую очередь, автомобилистам. Автомобильные дороги и улично-дорожная сеть представляют из себя дорогостоящие в обслуживании объекты, их эксплуатация в долгосрочной перспективе увеличивает расходы бюджетов, а развитие - стимулирует дальнейшее увеличение использования автомобилей и потребление автотранспортом городских земель. Это приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ, потере неосвоенных земель и увеличению времени в пути за счет возрастания протяженности поездок.

Ошибки городской транспортной политики в условиях массовой автомобилизации приводят не к решению, а к резкому обострению

транспортных проблем. Анализ ситуации, сложившейся в большинстве городов развитых и развивающихся стран (во многом, включая и Российскую Федерацию), позволяет проследить ряд причин недостаточной эффективности решений, принимаемых в рамках традиционной городской транспортной политики, и возникающих в связи с этим проблем [2]:

1. В большинстве городов городской транспорт не рассматривается как единое целое ни с функциональной, ни с территориальных точек зрения. Разные виды городского пассажирского транспорта слабо взаимосвязаны как между собой, так и с вело- и пешеходным движением, потенциал которых так и не раскрыт и не используется.

2. Территориальное планирование зачастую никак не связано с транспортным планированием: оценка того, как новая застройка и изменение характера землепользования влияют на дорожное движение, проводится крайне редко.

3. Финансовые ресурсы, выделяемые в городах на нужды городского транспорта, зачастую недостаточны по объему, носят непредсказуемый характер и не проходят процесс стратегического планирования.

4. На национальном уровне отсутствуют достаточные законодательные требования или рекомендации в области развития городского транспорта. У городских властей отсутствует обязательства разрабатывать стратегические планы развития устойчивых городских транспортных систем или планы устойчивой городской мобильности и увязывать их с городским бюджетом.

5. Недостаточно используются механизмы управления транспортным спросом, стимулирующие его переключение с личного автомобильного транспорта на альтернативные средства обеспечения мобильности.

6. Организация дорожного движения во многих городах не рассматривается в увязке с планированием городских транспортных систем в целом.

7. Ограничены инвестиции в инновационные технологии, которые могут улучшить управление транспортными потоками и сделать поездки более комфортными и безопасными для пассажиров.

Эффективное транспортное планирование во многом определяет успешность всей городской транспортной политики в рамках устанавливаемых ею целей и задач.

Традиционное городское транспортное планирование характеризуется четким (хотя и узким) пониманием рассматриваемой транспортных проблем и четким показателем успеха транспортной политики (т.е. повышением эффективности работы транспортной сети). За последние 60 лет этот подход был принят во многих странах и оправдал инвестиции в огромное количество новых дорог и другие мероприятия по совершенствованию «транспортного предложения». – провозной способности городских транспортных систем. В то же время, этот подход уже в течение 30 лет подвергается существенной критике по целому ряду причин, основной из которых является то, что традиционное транспортное планирование с момента его создания было сосредоточено на потенциально неверной цели – увеличении мобильности. В существующем контексте увеличение мобильности за счет инвестиций в дорожную инфраструктуру стимулирует, в первую очередь, рост перевозок личным автотранспортом. Традиционные подходы к городскому транспортному планированию, ориентированные изначально на обеспечение условий для движения автотранспортных потоков и, позднее, на обеспечение транспортной мобильности, в настоящее время подвергаются критике, в первую очередь, в связи с тем, что обеспечение мобильности не может рассматриваться в качестве конечной цели работы транспорта с точки зрения пользователей. Еще в 70-х годах прошлого века зарубежные ученые [3,4] отмечали, что люди, как правило, не заинтересованы в поездках, как таковых (т.е. в мобильности), а заинтересованы в доступе к местам и объектам, где они могут удовлетворить свои потребности. В то время, как улучшение

мобильности может подразумевать и улучшение доступности этих мест и объектов, последнее не обязательно вытекает из первого. Исходя из этого, можно утверждать, что традиционное транспортное планирование направляет внимание на «неправильные» проблемы: оно стремится улучшить мобильность там, где доступность уже высока, игнорирует районы с низкой доступностью, но высокой мобильностью, и не признает потенциально пагубных последствий повышения мобильности для качества жизни населения и экологических проблем в долгосрочной перспективе.

Доступность, как цель формирования городов, может быть улучшена не только за счет вмешательства в транспортную систему, но и за счет совершенствования землепользования и градостроительства, за счет изменений в способах предоставления услуг в таких сферах, как здравоохранение или образование, торговля и т.д. Т.е. решения в данном случае выходят далеко за пределы традиционной транспортной политики соотносясь более с комплексной задачей улучшения качества городской среды в целом.

Как же количественно оценивать доступность? Как использовать такие оценки в процессах транспортного и городского планирования? Ряд исследователей отмечал тот факт, что “идеальных показателей доступности, скорее всего, не существует”, потому что выбор соответствующего показателя зависит от “типа изучаемой проблемы и имеющихся ресурсов” [5,6,7]. Разработка новых показателей доступности является лишь одним из многих аспектов, которые в настоящее время сдерживают сдвиг парадигмы транспортного планирования/транспортной политики от обеспечения мобильности к обеспечению доступности, как движущей силы в области планирования транспорта и землепользования.

Показатели доступности, согласно [6], могут быть подразделены на четыре основные группы:

- относящиеся к расстоянию/времени поездки до ближайшего места притяжения;
- связанные с совокупными возможностями доступа в пределах некоторого временного порога («метод изохрон»);
- гравитационные или энтропийные методы (например, «мера Хансена»)
- вероятностные показатели, основанные на полезности.

Как отмечалось в [6] наиболее адекватная оценка доступности может быть получена на основе использования гравитационных (энтропийных) показателей и показателей, основанных на полезности.

При использовании гравитационных (или энтропийных) показателей привлекательность местоположений для населения определяется не только размерами и характеристиками осуществляемой в них активности/деятельности (количество рабочих мест, численность обучающихся, численность магазинов и их торговые площади и т.д.), но и функцией сопротивления перемещению/импеданса, выражаемой расстоянием/временем перемещения между рассматриваемыми зонами (учитывает в том числе и условия движения на соответствующих звеньях графа УДС).

В общем виде такие показатели могут быть представлены в виде

$$A^{ip} = \sum_{j \in L^{ip}} X_j^p f(d_{ij}) \quad (1)$$

где

L^{ip} – набор местоположений типа p в наборе выбора для зоны i ;

$f(d_{ij})$ – функция сопротивления (импеданса), $\partial f / \partial d_{ij} < 0$

При данном подходе привлекательность местоположений для пользователя взвешивается с помощью функции «сопротивления» (импеданса): местоположения, которые находятся ближе, взвешиваются

сильнее, чем местоположения, которые находятся дальше. Набор местоположений, учитываемых при расчете доступности, определяется набором выбора L^{ip} , а не произвольным порогом ограничения времени или расстояния. Уравнение (1) согласуется с моделью выбора местоположения j (вероятность выбора местоположения j для цели p , учитывая, что индивид расположен в зоне i) вида:

$$P_j^{ip} = \frac{x_j^p f(d_{ij})}{\sum_{j' \in L^{ip}} x_{j'}^p f(d_{ij'})} \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что вероятность выбора местоположения j будет непрерывно уменьшаться с увеличением расстояния/времени что, таким образом, с поведенческой точки зрения представляет собой значительное улучшение оценки доступности по сравнению с «изохронным» подходом. Если мы определили $X_j^p f(d_{ij})$, как «доступность» зоны j для зоны i , тогда вероятность того, что зона j действительно выбрана для взаимодействия с зоной i равна отношению ее индивидуальной доступности к общей доступности (общему набору опций), возможной для зоны i , что является разумным утверждением.

Время в пути и, следовательно, доступность различных местоположений, зависят от конкретного выбранного вида передвижения/транспорта. В приведенных выше разделах меры доступности были определены в терминах доступа к определенному набору местоположений (или пунктов назначения поездки) с использованием одного вида транспорта, обычно учитываемого через d_{ij} . Однако, поскольку время поездки, как правило, используется в качестве предпочтительного показателя при определении импеданса при поездках между зонами, то для каждого вида передвижения/транспорта m можно вычислять свои показатели доступности A^{ipm} , используя время поездок именно для этого вида транспорта d_{ij}^m . В частности, показатели d_{ij}^m могут быть подставлены в формулу интегрального (мультимодального) показателя доступности A^{ip} (1),

полученную на основе гравитационной модели, которая в этом случае будет записана, как:

$$A^{ipm} = \sum_{m \in M} \sum_{j \in L^{ip}} X_j^p f(d_{ijm}) \quad (3)$$

Данная формула предполагает равную вероятность выбора различных видов транспорта пользователями. Конечно выбор пользователем для поездки вида транспорта (общественный транспорт, велосипед или личный автомобиль) определяется исходя из модели его поведения и соответствующих транспортных предпочтений. Очевидно, что, делая выбор средства передвижения/вида транспорта, пользователь сравнивает ожидаемые характеристики своего транспортного обслуживания («уровня обслуживания») с некоторой моделью того, что он хочет получить. При этом для него будет важно не только время сообщения, но и ряд других показателей, характеризующих поездку. Пользователь при наличии альтернатив в способах передвижения/поездки сравнивает уровни обслуживания для каждой альтернативы и делает свой выбор. Высокий уровень качества транспортного обслуживания, например, общественным пассажирским транспортом может стимулировать владельцев личного автотранспорта отказаться от использования своего автомобиля, если соответствующие характеристики поездки на последнем проигрывают с его точки зрения характеристикам поездки на ПТОП. Для поездки между пунктами i и j для выбора пользователя имеет значение целая совокупность факторов – время сообщения, надежность сообщения, комфорт поездки (количество пересадок, наполнение салона, наличие кондиционера и *Wi-Fi* и т.д.), физическая и ценовая доступность транспорта, риск ДТП, наличие и стоимость парковки. Таким образом, эта совокупность факторов может рассматриваться как комплексный показатель $d^{m_{ij}}$, характеризующий «сопротивление поездке». По идее такой показатель может быть построен на основе показателей, используемых в т.н. «стандартах качества транспортного

обслуживания населения общественным пассажирским транспортом», целевые значения которых, в свою очередь, должны отражать некое усредненное представление большей части населения о том, как должен быть организован и работать общественный пассажирский транспорт (нормативные значения показателей). Соблюдение этих нормативов или их более высокие значения для какого-либо вида транспорта будет означать для него существенное снижение «сопротивления поездке» и преимущество в выборе пользователями.

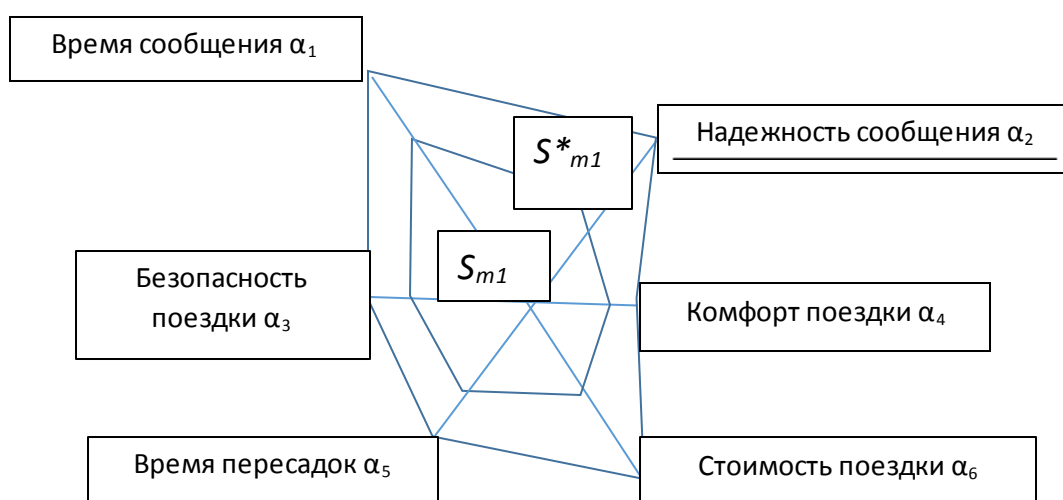


Рис. 1. «Многоугольник» желаемого и обеспечиваемого качества поездки

Рассмотрим следующую ситуацию (рис. 1). Например, выбрано 6 показателей качества поездки на определенном виде транспорта $K_1...K_6$ – «время сообщения», «надежность сообщения», «комфорт поездки», «безопасность поездки», «время пересадок» и «стоимость поездки». Учитывая разнонаправленный характер влияния показателей на оценку качества поездки, они должны быть приведены к однонаправленным значениям через их обратные значения (исходя из принципа «большие значения – более высокое качество»). На основе соцопросов определяются нормативные значения отдельных показателей качества K_{ni} (устанавливаются, например, на уровне 85% обеспеченности по результатам опросов отдельных социальных групп пользователей). Эти значения

принимаются за единицу и откладываются по шести осям многоугольника качества. Весомость каждого показателя для населения при оценке качества услуг выявляется также на основе соцопросов и обозначается показателями $\alpha_1 \dots \alpha_6$. «Многоугольник желаемого качества» строится по значениям α_i K_{ni} (рис. 1). Реальные значения показателей для каждого вида транспорта K_{pi} определяются наблюдениями, имеющимися данными операторов или опросами пользователей. Эти значения показателей представляются для каждого вида передвижения/транспорта и откладываются на тех же осях с учетом определенных весовых коэффициентов α_i в виде такого же многоугольника качества, но обеспечиваемого транспортной системой. При этом надо иметь в виду, что по отдельным показателям возможна ситуация, когда обеспечиваемое качество превышает желаемое (нормативное). Интегральная оценка качества обслуживания на маршруте перевозки ij может быть с определенным приближением представлена для вида транспорта m_1 соотношением площадей многоугольников «желаемого» S^*m_1 и «обеспечиваемого» качества Sm_1 :

$$\gamma_{m_1} = \frac{Sm_1}{S^*m_1} \quad (4)$$

В этом случае, заменив в уравнении (1) функцию «сопротивления» (импеданса) $f(d_{ij}^{m_1})$ на $f(d_{ij}^{m_1}, \gamma_{ijm_1})$ (т.е. на функцию, учитывающую весь комплекс показателей, влияющих на выбор пользователем вида транспорта при поездке между i и j), это уравнение для случая двух видов транспорта (личного и общественного) можно записать в виде:

$$A^{ipm} = \sum_{j \in L^{ip}} X_j^p \left\{ \frac{\gamma_{ijm_1}}{\gamma_{ijm_1} + \gamma_{ijm_2}} \left[f(d_{ij}^{m_1}, \gamma_{ijm_1}) \right] + \frac{\gamma_{ijm_2}}{\gamma_{ijm_1} + \gamma_{ijm_2}} \left[f(d_{ij}^{m_2}, \gamma_{ijm_2}) \right] \right\} \quad (5)$$

Или для случая n видов транспорта (в том числе, при рассмотрении цепочек перемещений):

$$A^{ipm} = \sum_{j \in L^{ip}} X_j^p \sum_{k=1}^n \frac{\gamma_{ijm_k}}{\gamma_{ijm_1} + \dots + \gamma_{ijm_n}} \left[f(d_{ij}^{m_k}, \gamma_{ijm_k}) \right] \quad (6)$$

При этом следует также учитывать, что такие показатели качества, как «комфорт поездки», «надежность сообщения», «безопасность поездки» и экологичность сами по себе являются комплексными показателями, которые могут быть представлены в векторной форме.

Выводы

Использование показателей доступности связано с наличием подробной информации о социально-экономических характеристиках различных групп населения, полном наборе доступных им транспортных альтернатив, атрибутах поездок (например, цель поездки, время в пути при различных вариантах выбора способа передвижения), а также демонстрируемом жителями реальном выборе способа передвижения. За рубежом только относительно недавно приложения, использующие большие данные, такие как, например, *TransitApp*, начали генерировать и анализировать подобную исходную информацию. Однако, вычислительные трудности, по-прежнему, во многом остаются сдерживающим фактором для улучшения анализа доступности. Существует явная необходимость наличия программных средств и приложений, которые могли бы помочь в разработке моделей доступности, годных для практического применения.

Список источников / References

1. Hansen, S.L. How accessibility shape land use, Journal of the American Institute of Planners, vol. 25, no. 2, pp. 73-76, 1959.
2. A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning. Promoting Active Mobility, UN ECE, Geneva, 2020.
3. Wachs, M. and T.G. Kumagai (1973), Physical accessibility as a social indicator, Socio-Economic Planning Science, 1973, 6: 357-379.
4. Black, J. and M. Conroy (1977), Accessibility measures and the social evaluation of urban structure, Environment and Planning, 1977, A 9: 1013-1031.
5. Martens, K. A. People-Centred Approach to Accessibility. Discussion Paper, ITF Roundtable 182, International Transport Forum Discussion Papers, No 2020 /24, OECD Publishing, Paris, 2020.

6. Miller E. Measuring Accessibility. Methods and Issues, Discussion Paper. ITF Roundtable 182, International Transport Forum Discussion Papers, 2020, No. 2020\25, OECD Publishing, Paris.

7. Genevieve Boisjoly, Ahmed M. El-Geneidy. How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. April 2017, Transport Policy, 55: 38-50. DOI:10.1016/j.tranpol.2016.12.011.

Статья опубликована по итогам международной научно-технической конференции «10-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса».

Рецензент: Ю.В. Трофименко, д-р техн. наук, проф., МАДИ

Информация об авторе

Донченко Вадим Валерианович, канд. техн. наук, научный руководитель института, ОАО «НИИАТ».

Information about the authors

Donchenko Vadim V., Ph.D., Scientific Director, NIIAT.

Статья поступила в редакцию 03.03.2023; одобрена после рецензирования 06.03.2023; принята к публикации 24.03.2023.

The article was submitted 03.03.2023; approved after reviewing 06.03.2023; accepted for publication 24.03.2023.