НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК 656.121:325.1:656.073:656.224.072.4
DOI: https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-6-3

Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 22–32

Качество общественного транспорта мегаполиса в мультимодальных перевозках маятниковой миграции населения

Галина БУБНОВА

Олег ПОКУСАЕВ

Андрей АКИМОВ

Галина Викторовна Бубнова [1], Олег Николаевич Покусаев [2], Андрей Валерьевич Акимов [3]

[1, 2] Российский университет транспорта, Москва, Россия.
[3] ООО Аэроэкспресс, Москва, Россия.
[1] ORCID 0000-0002-2488-0247; РИНЦ SPIN-код: 1347-4880.
[2] ORCID 0000-0001-6916-8897.
[3] ORCID 0000-0003-2186-9947; РИНЦ SPIN-код: 6207-5066.
✉ *[1] Bubisek@mail.ru.*

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены методологические вопросы создания действенного механизма структурной и параметрической идентификации течений в связанных потоках пешеходов и пассажиров на сложных, длинных маршрутах движения индивидов в границах мегаполиса. Такие маршруты определяют существенные объёмы мультимодальных перевозок, повторяющихся в течение рабочей недели в пиковые часы, и их идентификация необходима для принятия управленческих решений организациями, занимающимися вопросами транспортного планирования, организацией движения общественного транспорта и транспортного обслуживания населения.

Ключевым моментом исследования является определение логики выбора маршрута через интегральную оценку его качества, которая включает оценку качества не только перевозки и доступного на транспорте сервиса, но и объектов транспортной инфраструктуры, а также объектов улично-дорожной сети, задействованных в реальных маршрутах перемещения людей по территории городской агломерации.

Для спецификации сложных маршрутов, течений с общими параметрами формирования и выбора маршрутов для профильных групп пешеходов-пассажиров, построения моделей их поведения предложен новый ключевой объект исследования – пользователь общественным транспортом (ПОТ), а также алгоритм идентификации таких маршрутов с использованием данных сотовых операторов.

Показано, что известные инструменты исследования структуры спроса на перевозки на общественном транспорте малоэффективны. Приводятся результаты исследования воспринимаемого пользователями качества общественного транспорта в черте московской городской агломерации. Выявлено смещение приоритетов в выборе варианта маршрута – от более экономичного по времени и цене к наилучшему по удобству и качеству общественного транспорта на маршруте.

Предложена модифицированная модель взаимозависимых видов деятельности, которые влияют непосредственно на оценку качества общественного транспорта на маршруте ПОТ, а также модель чувствительности ПОТ к качеству вариантов маршрута.

Ключевые слова: общественный транспорт, логистика перевозок, комбинированные маршруты, поведенческие профили, течения пассажиропотоков.

Для цитирования: Бубнова Г. В., Покусаев О. Н., Акимов А. В. Качество общественного транспорта мегаполиса в мультимодальных перевозках маятниковой миграции населения // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 22–32. DOI: https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-6-3.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

© Бубнова Г. В., Покусаев О. Н., Акимов А. В., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Широкое признание в соответствии с основными принципами устойчивого развития получил тезис о том, что более высоким качеством обладает общественный транспорт (ОТ), который является «более дружественным к окружающей среде», оперирует структурированным спросом на транспортные услуги и располагает развитым механизмом его удовлетворения, включая рациональный транзит (например, [1]).

Именно проблема создания такого механизма определяет ключевую *цель* настоящего исследования.

При этом необходимо заметить, что само понятие «общественный транспорт» весьма условное. Его в большинстве стран трактуют как особый вид пассажирского транспорта, который функционирует на территории и в границах населённого пункта, отвечает обязательным для него характеристикам, которые включают неизменность маршрута движения транспортных средств по выделенным для этих целей линиям транспортной сети; регулярность подачи транспортных средств на станции/остановки для входа/выхода пассажиров; публичность, то есть информированность населения о способах перевозки пассажиров, размерах и формах оплаты за проезд [1, 2]. В ряде европейских стран и США, где доминирует перемещение людей с использованием личного автомобильного транспорта, требование движения общественного транспорта по разрешённым местными администрациями, департаментами транспорта схемам не является жёстким. В этих случаях возможны небольшие отклонения от траектории движения транспортных средств ОТ на отдельных участках транспортного маршрута, обусловленные сложной дорожной ситуацией, а также требованиями на посадку и высадку пассажиров (с обязательным сохранением запланированных остановок).

Согласно другому толкованию ОТ, к нему относят транспортные средства, предназначенные для единовременного перемещения «достаточно большого» количества людей [2], что вносит некую неопределенность для осмысления объекта настоящего исследования.

Ещё одна характеристика общественного транспорта – это его «доступность», которая распространяется в одних трактовках на всё население, в других – на «широкие слои» населения.

Что касается физической доступности ОТ – это требование однозначное, а в части финансовой доступности во втором определении такой транспорт должен предоставлять ценовые условия для проезда пассажиров с «низкими» доходами. В этом контексте экономическая доступность ОТ также чётко не определена и трактуется в разных странах по-разному. В ряде случаев отрицается и сам принцип ориентации на обслуживание населения с низкими доходами. В последнее время набирает популярность точка зрения, согласно которой городской общественный транспорт должен предоставлять разные услуги по набору и качеству сервиса, обеспечивая удовлетворение потребности различных групп людей, в том числе пассажиров, готовых платить более высокую цену за более высокое качество [3]. Эта позиция определяет существующие отличия в стандартных наборах продуктов и услуг ОТ, принятых в разных странах, которые могут быть предоставлены населению за счёт выделения специализированных линий, включения в график движения подвижного состава транспортных средств повышенной комфортности, а также дополнительных сервисов.

Для мегаполисов требования неизменности, регулярности, публичности, доступности при организации «единовременных» перевозок «большого количества» пассажиров, на наш взгляд, являются наиважнейшими. В этом контексте в статье не рассматриваются личный автотранспорт, такси, включая маршрутные такси с количеством посадочных мест менее 20.

Система общественного транспорта крупных городских агломераций объединяет транспортные системы не только самого города, но и его пригородов. Для систем ОТ мегаполисов с высокой концентрацией объектов деловой застройки в центральных районах города (пример г. Москва), а жилых зданий – по окружности и в прилегающих к мегаполису пригородах характерна активная маятниковая миграция населения. Принимая во внимание

[1] Collins English Dictionary (n. d.). [Электронный ресурс]: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/public-transport.

[2] English Oxford Living Dictionaries (n. d.). [Электронный ресурс]: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/public-transport?q=Public+transport.

Рис. 1. Модель комплексной оценки качества транспорта (транспортных комплексов и систем) [составлено авторами].

масштабы крупных городских агломераций, высокую плотность транспортной сети, объединяющей пути сообщения различных видов городского транспорта в большинстве мегаполисов, а также удалённость жилых объектов от научно-образовательных, культурных, деловых и других центров притяжения людских потоков, значимыми и востребованными для населения являются сложные (с более чем одной пересадкой), продолжительные, комбинированные маршруты, обеспечивающие маятниковую миграцию населения и свойственные ей. Такие маршруты, по нашей оценке, в г. Москве составляют около 68 %. Наличие множества вариантов перемещения людей до пункта назначения по территории мегаполиса, использования различных элементов уличнодорожной инфраструктуры (на пеших участках их пути) и элементов инфраструктур различных видов общественного транспорта определяет необходимость оценки качества такого маршрута с позиции его конечного пользователя, который является основным источником информации о воспринимаемом им качестве общественного транспорта в целом.

Недостаточность фундаментальных разработок по исследованию логики построения и выбора сложного маршрута для различных поведенческих профилей пользователей общественного транспорта с целью выделения в общем пешеходно-пассажирском потоке профильных течений с характерными параметрами их формирования, а также исследований чувствительности таких течений на длинных, комбинированных маршрутах с использованием современных цифровых технологий определяет актуальность поставленных выше исследовательских задач.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В среде учёных и практиков сегодня приняты единые критерии оценки качества основного «продукта» общественного транспорта – «перевозки пассажиров». Они нашли отражение в соответствующих стандартах, руководствах Международного союза общественного транспорта, ЕЭК ООН[3] , национальные руководства (напр., [4]) и т.д. и опираются на классическую модель «петли качества».

[3] UNECE. A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning. Promoting Active Mobility. United Nations Publication, 2020. [Электронный ресурс]: https://unece.org/transport/publications/handbook-sustainable-urban-mobility-and-spatial-planning. Доступ 22.11.2023.

[4] A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality. Transportation Research Board. National Research Council [TRB]. Washington, D.C.: National Academy Press, 1999.

Уровень качества в этом случае, как правило, определяет расхождение между полученным и ожидаемым качеством транспортной услуги. В США и в ряде стран он рассчитывается как отношение реального уровня качества к ожидаемому[3].

С другой стороны, для оценки общественного транспорта как формы «организации» популярным стал набор критериев, который отражает общую интегрированную оценку качества транспорта как его пользователем, так и транспортными организациями [4]. Трансформируя подходы к комплексной оценке качества пассажирского транспорта со стороны его пользователей и организаций транспорта, мы получаем возможность построить концептуальную модель оценки качества общественного транспорта, представленную на рис. 1.

Поскольку общая оценка качества общественного транспорта для мобильного населения складывается из оценок результативности и качества (комфорта) перевозки в транспортном средстве отдельных индивидов, а также их оценок качества задействованных на маршрутах их следования элементов транспортной инфраструктуры (уличнодорожной, транспортной, маршрутной сети) и сервиса, то качество общественного транспорта в восприятии его пользователя («осознанное качество») будет тождественно качеству маршрута с широким набором характеристик.

Для комбинированных, длинных маршрутов, имеющих пересадочные узлы, пешие участки, показателя результативности (общее время в пути), по нашему мнению, становится уже недостаточно. На выбор маршрута (более качественного для индивида), как показали результаты исследований [5], влияют не только время в движении и ожидания транспортного средства, время перехода на другой транспортный маршрут, но и качество сервиса во время нахождения пассажира в транспортном средстве и пешехода, пассажира – на объектах инфраструктуры ОТ на пути следования от места отправления до места объекта назначения. В этом контексте известные методики оценки качества маршрута [6] могут быть использованы только в части оценки его результативности, а именно, «времени в пути следования».

Ряд исследователей делает попытку оценить транспортную услугу через призму её ценности для конечного пользователя. Одни придерживаются традиционного взгляда и трактуют ценность такой услуги через возможность использования времени в транспортном средстве с пользой для себя [7; 8]. Другие – через доступность [9], третьи – через воспринимаемое удобство, качество комплексной услуги [10]. Рассматривая качество общественного транспорта на маршруте её пользователя в широком смысле, ценность варианта маршрута для ПОТ и качество общественного транспорта для ПОТ будут тождественны. Очевидно, что ценность одного и того же маршрута у разных людей, разных групп пользователей будет отличаться.

Традиционные методы определения структуры спроса на транспортные услуги, предпочтений пассажиров, удобства, доступности и других важных для них параметров и критериев построения и выбора маршрута в подавляющем большинстве методик опираются на маркетинговый инструментарий. Источниками информации в этом случае являются результаты проведённых опросов, анкетирования, которые, по мнению экспертов, эффективны только для оценки ожидаемого и желаемого качества маршрута. Вместе с тем, реальное предпочтение, выбор варианта маршрута можно «увидеть», используя современные цифровые технологии, данные сотовых операторов и предложенный в работе [11] метод идентификации маршрута движения индивида по территории городской агломерации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для спецификации таких поведенческих профилей и, соответственно, течений связанных потоков пешеходов и пассажиров, в первую очередь, необходима идентификация ПОТ. Мы предлагаем под пользователем общественным транспортом мегаполиса понимать некий собирательный образ человека, который меняет свой статус в течение времени от индивида, принимающего решение (поиск информации, анализ, оценка и выбор варианта), до пешехода и пассажира на маршруте его передвижения. Введение данной категории в научный оборот позволяет избежать проблем интеграции и согласования данных из разных источников информации, а также связывания слоёв цифровой экосистемы транспорта [12]. В этом случае становится возможным осуществление многомер-

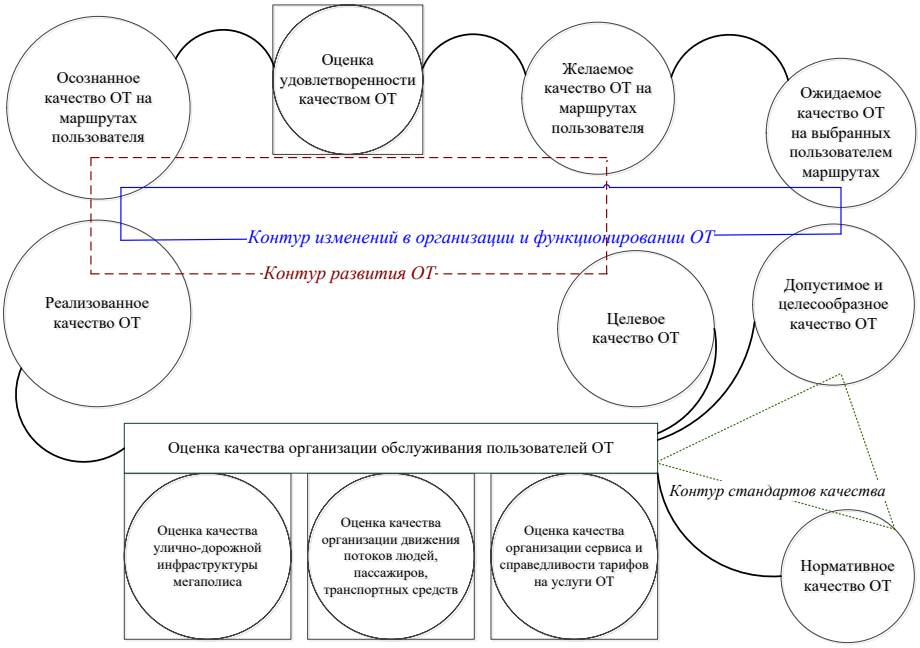

Рис. 2. Модель взаимозависимых видов деятельности, влияющих на оценку качества транспортных услуг и системы общественного транспорта на маршруте ПОТ [составлено авторами].

ного анализа результатов социологических и маркетинговых исследований, проводимых различными организациями, и аналитики, полученной непосредственно от перевозчиков, сотовых операторов, организаций, отвечающих за эксплуатацию и развитие транспортной инфраструктуры.

Рассмотрение данного объекта в комплексной схеме организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом (КСОТ) даёт возможность оценивать качество «комплексного продукта» ОТ, а именно маршрута ПОТ со структурированным набором его характеристик в трёх фазах процесса оценки: желание (желаемое качество), ожидание (ожидаемое качество) и реальность (реализованное качество). В результате классическая петля качества модифицируется и принимает вид, представленный нами на рис. 2.

Как показано на рис. 2, оценка удовлетворённости общественным транспортом со стороны его пользователя может быть получена на основе результатов сравнения значений показателей качества «реализованного» и «осознанного желаемого», а также «реализованного» и «осознанного ожидаемого». В первом случае мы имеем дело с идеальной оценкой, во втором – с реалистичной, которая формируется с учётом имеющегося опыта использования ПОТ на анализируемом им маршруте. При этом факторы, которые влияют на удовлетворенность и лояльность в оценке обслуживания, существенно не отличаются от представленных в работе [3].

Комбинированный маршрут ПОТ не всегда означает смену на маршруте вида транспорта, рассматриваются варианты использования одного вида транспорта, но разных номеров маршрутов движения транспортных средств по линиям/путям/автомобильным дорогам этого вида.

В маятниковой миграции ПОТ конечным пунктом назначения является объект длительного пребывания (задаётся исследователем), а начальным – место на карте жилой застройки. Ещё одно важное условие для идентификации объекта анализа и оценки (комбинированных маршрутов ПОТ) – это повторение маршрута в течение рабочей недели (в интервале времени наибольшей загрузки транспортной инфраструктуры). Соответственно, в основе предлагаемого инструментария по спецификации таких маршрутов лежит принцип «повторяемости».

Для идентификации таких маршрутов и мультимодальных схем перевозок пассажиров предлагается использовать «модели сетевой близости» [11], для анализа и оценки таких маршрутов – методы нечёткой кластеризации

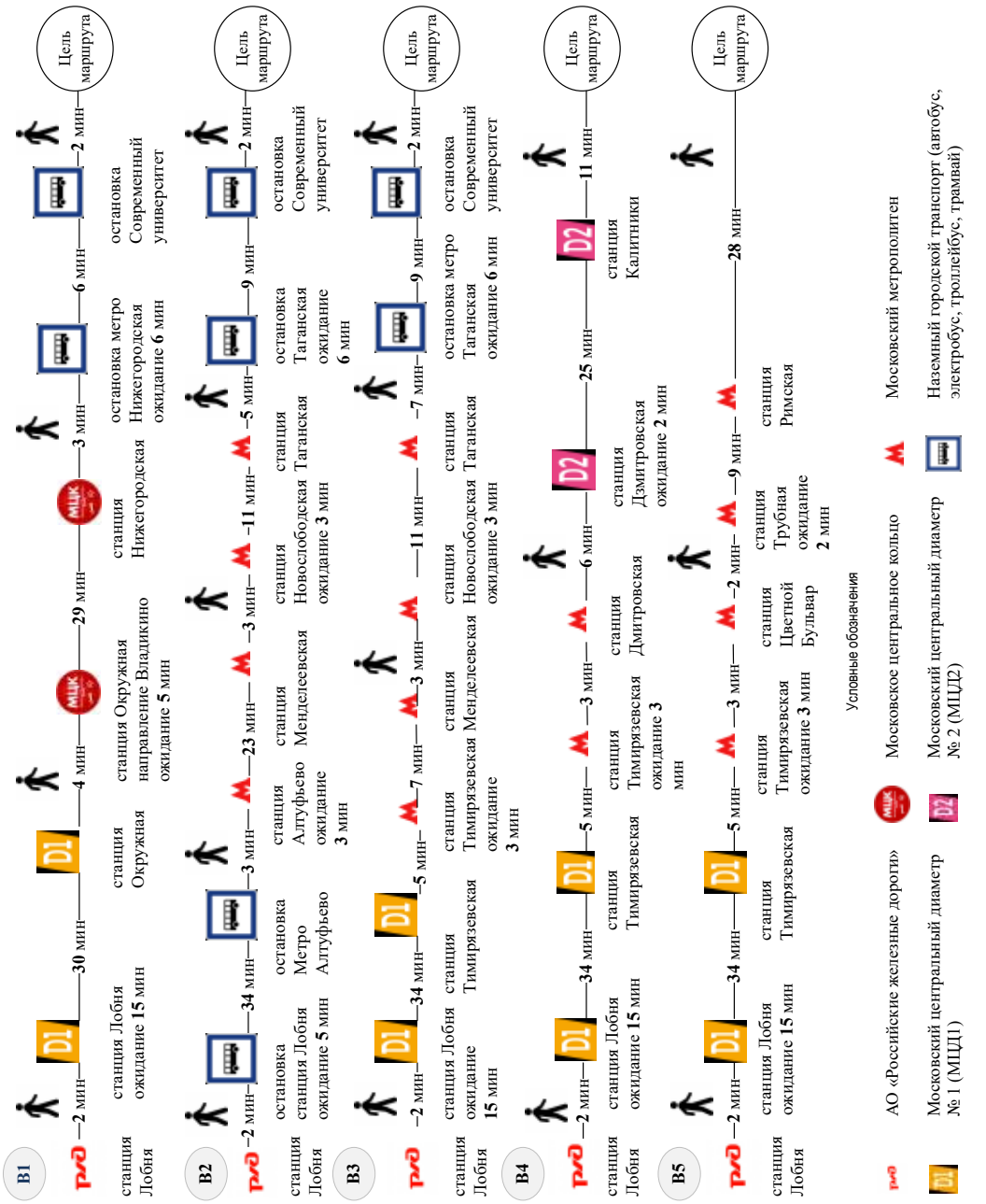

Рис. 3. Структура альтернативных вариантов маршрута ПОТ [составлено авторами].

и индекс удовлетворённости пользователей услугами общественного транспорта [13].

В качестве инструмента исследования, на наш взгляд, наилучшим образом подходят продукты визуального анализа данных (например, [14]).

Принципиальным отличием предлагаемого в статье подхода к исследованию и оценке качества полного маршрута ПОТ является фокусирование внимания на известной оценке уровня обслуживания пассажира «Level of Service, LOS» [15], обозначающей уровень качества транспортных услуг и используемой для классификации транспортных потоков организациями, занимающимися городским транспортным планированием, а именно на комплексной оценке качества. Если в известной концепции качество транспортных систем ассоциируется с её способностью обеспечивать безопасное и надёжное обслуживание своих пассажиров, то в предлагаемой оценка затрагивает не только сис-

Таблица 1

Количественные оценки параметров исследуемых маршрутов

Критерии оценки	Номера альтернативных вариантов маршрутов				
	В1	В2	В3	В4	В5
Результативность (время в пути, ч)	1,42	1,49	1,47	1,46	1,43
Сложность маршрута (число пересадок)	2	3	3	2	2
Цена/стоимость услуги, руб.	МЦД1 52/50 +МЦК +автобус 46/42	МЦД1 52/50 +автобус 46/42	МЦД1 78/50 +метро +автобус 46/42	МЦД1 78/50 +метро +МЦД2 46/42	МЦД1 78/50 +метро
Индекс качества ОТ на маршруте	8	6	7	9	7

Источник: Составлено авторами.

темы обслуживания ПОТ, но и состояние (качество) элементов городской среды, задействованной на маршруте пользователя и добавляющей ценность дополнительного сервиса в виде варианта мультимодальной перевозки на общественном транспорте.

В качестве примера нами были рассмотрены комбинированные маршруты московского мегаполиса, в которых задействованы московские центральные диаметры № 1 (МЦД1), № 2 (МЦД2) и центральное кольцо (МЦК) с включенными пешими участками маршрута ПОТ, а также линии московского метрополитена и городского наземного транспорта. Рассматривались сложные для анализа и оценки пользователем варианты, состоящие не менее чем из пяти альтернативных маршрутов, близких по значению показателя результативности. Основные характеристики исследуемых комбинированных маршрутов ПОТ схематично представлены на рис. 3.

В табл. 1 представлены оценки рассматриваемых вариантов маршрутов. Значения индекса качества, отражённые в табл. 1, были получены нами по результатам проведённых в 2020 году исследований по вопросу оценки качества транспортной инфраструктуры и перевозки.

Рис. 4. Модель определения поведенческих профилей ПОТ по приоритету «качество ОТ» [составлено авторами].

В эксперименте принимало участие 500 ПОТ, выбранных случайным образом. Оценка проводилась по десятибалльной шкале.

Результаты исследования подтвердили нашу гипотезу, что выбор маршрута не всегда определяет минимальное время в пути и стоимость проезда. 41 % респондентов отдали предпочтение четвертому варианту, у которого индекс качества максимальный (девять баллов).

Экономическая оценка результативности множества возможных маршрутов, которые могут быть сформированы с использованием МЦД1, МЦД2, схематично представлена в табл. 2.

Столбцы в таблице 2 обозначают станции отправления, строки – станции прибытия, на пересечении строк и столбцов – значения эффектов по соответствующим маршрутам (рублей в год), черные клетки означают невозможность построения маршрута.

Для экономической оценки результативности транспортного маршрута были использованы данные ОАО «РЖД» 2020 года о прохождении в первой половине дня пассажиров на обозначенные в таблице 1 железнодорожные станции, а также методические положения [16], в соответствии с которыми считается, что каждый час времени, сэкономленный в ожидании электропоезда, может быть потрачен пассажиром на работу, образование или досуг. При этом мы допускаем, что полезность единицы времени равносильна во всех трёх сферах её применения. Таким образом, оценка социально-экономического эффекта, в нашем случае, будет сводиться к вычислению дополнительного потенциального дохода, вызванного экономией времени [17].

Результаты проведённых нами исследований качества маршрутов московской агломерации среди пассажиров пригородных станций в рассматриваемых направлениях движения показали, что имело место смещение приоритетов ПОТ. Зафиксирован рост числа ПОТ, отдающих предпочтение вариантам сложных, комбинированных маршрутов с лучшими характеристиками сервиса, комфорта и качества элементов транспортной инфраструктуры, маршрутных сетей мегаполиса: с 51 % в 2019 году до 67 % – в 2020 году (при условии непревышения разницы во времени движения по маршруту в десять минут). Опросом были охвачены 2000 чел.

Предлагается спецификацию течений в структуре пассажиропотока на длинных комбинированных маршрутах осуществлять на основе факторов, влияющих на поведение ПОТ конкретного профиля, представленных на рис. 4.

Сложность создания адекватного реальным условиям механизма удовлетворения структурированного спроса на услуги общественного транспорта формируют категории ПОТ, не выбирающие традиционный маршрут (приверженцы), а никак не планирующие его и формирующие его случайным образом. В этом контексте проведение исследований в части осведомлённости, выявления сложностей с анализом и оценкой со стороны ПОТ является актуальной задачей. Знание о том, какая доля ПОТ обладает информацией об альтернативных маршрутах (блок 1, рис. 4), испытывает трудности с планированием маршрута передвижения, определением его структурных характеристик и желаемых параметров качества (блок 2, рис. 4), а также с определением критериев комплексной оценки общественного транспорта на маршруте (блок 3, рис. 4) является необходимым для построения таких поведенческих моделей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящей работы наталкивают нас на ряд дискуссионных вопросов и выводов.

• Принимая во внимание мировую тенденцию цифровизации всех сфер и областей деятельности, можно предположить перспективность проведения глубоких исследований по реальным предпочтениям, выбору вариантов и реализации пользовательских маршрутов, а также построения типовых поведенческих моделей потребителей услуг ОТ. Разработанные модели и алгоритмы идентификации профильных течений пассажиропотоков на основе данных сотовых операторов позволяют утвердительно ответить на вопрос о возможности использования при анализе и оценке предпочтений и приемлемых характеристик качества ОТ цифровых следов перемещений ПОТ.

• Не все пользователи могут правильно формулировать свои предпочтения. Результаты исследований показывают, что в процессе принятия решения окончательный выбор не всегда делается в пользу того варианта маршрута, который был построен по первоначально заданным индивидом параметрам

Таблица 2

Матрица величин результативности ОТ на комбинированных маршрутах ПОТ с маятниковой миграцией (схема железнодорожный транспорт-метрополитен)

ГОДОВОЙ ЭФФЕКТ	ОТРАДНОЕ	ОДИНЦОВО	БАКОВКА	ТРЕХГОРКА	НЕМЧИНОВКА	СЕТУНЬ	РАБОЧИЙ ПОСЕЛОК	КУНЦЕВО 1	СЛАВЯНСКИЙ БУЛЬВАР	ФИЛИ	ТЕСТОВСКАЯ	БЕГОВАЯ	МОСКВА БЕЛОРУССКАЯ	МОСКВА САВЕЛОВСКАЯ	ТИМИРЯЗЕВСКАЯ	ОКРУЖНАЯ	ДЕГУНИНО	БЕСКУДНИКОВО	ЛИАНОЗОВО	МАРК	НОВОДАЧНАЯ	ДОЛГОПРУДНАЯ
ОТРАДНОЕ		-115 869	299 148	-31 133	1 098 863	1 703 657	1 063 398	-305 375	0	-1 331 955	50 844	580 340	-680 055	2 841 399	239 649	88 159	334 872	378 235	469 342	16 755	11 888	239 363
ОДИНЦОВО	-136 444		-4 648	8 421	-7 146	-12 598	389 740	-1 371 994	13 211 648	-87 895	-244 552	86 686	-7 748 783	2 776 959	229 639	25 222	134 860	297 008	338 066	7 134	17 009	201 636
БАКОВКА	350 512	-42 539		-4 965	69 957	57 006	109 043	-249 953	1 517 165	344 189	-75 176	125 215	-384 218	358 077	24 771	6 545	26 745	34 906	39 965	0	1 376	23 617
ТРЕХГОРКА	-24 365	-4 953	-204		1 131	119 076	30 297	-489 116	3 674 799	1 596 004	-138 793	908 938	1 004 592	500 066	33 107	4 204	42 213	58 754	62 477	6 614	160	73 259
НЕМЧИНОВКА	640 776	5 664	77 370	2 645		-5 199	8 872	-179 606	758 632	235 297	3 027	31 506	-265 530	74 456	10 721	1 630	6 905	12 738	13 919	0	4 478	18 654
СЕТУНЬ	1 573 478	58 502	67 874	112 055	-4 270		15 756	1 095 537	14 968 659	19 817 588	-623 280	5 133 229	12 575 299	3 589 589	524 412	429 630	464 073	726 741	693 199	110 864	1 950	238 187
РАБОЧИЙ ПОСЕЛОК	961 614	366 178	73 666	40 559	10 575	731		140 055	2 553 619	2 565 540	-970 851	-51 693	2 202 528	1 640 120	251 440	163 199	197 893	359 626	278 850	54 479	4 995	74 602
КУНЦЕВО 1	-196 545	-1 088 338	-142 760	-387 808	-59 760	735 040	174 143		-320 136	-6 777 164	-788 169	18 367 964	1 107 030	6 332 823	606 203	1 557 098	598 257	886 402	745 541	168 465	29 363	137 165
СЛАВЯНСКИЙ БУЛЬВАР	0	3 044 868	421 782	836 081	217 630	3 918 985	746 572	-269 511		29 374 311	7 421 274	55 274 601	15 591 290	21 163 257	5 620 257	4 539 993	2 506 931	3 239 811	2 685 762	632 606	122 341	307 923
ФИЛИ	-1 221 500	-2 105 461	207 750	987 276	79 015	9 509 443	4 190 407	-10 789 128	27 752 639		-903 134	27 933 060	4 799 858	8 047 054	2 073 230	396 279	1 424 555	2 010 598	1 728 114	402 676	77 683	690 527
ТЕСТОВСКАЯ	-18 951	596 186	146 161	90 086	6 336	538 888	499 674	-799 406	6 890 531	-1 436 824		14 686 180	20 491 229	7 650 490	2 476 948	-1 660	1 331 274	2 613 123	2 347 499	745 087	134 317	366 641
БЕГОВАЯ	3 039 611	4 222 829	674 389	2 354 473	89 203	4 218 897	2 414 851	14 763 610	45 688 616	23 646 103	23 091 711		19 451 283	46 868 057	10 330 956	1 989 781	4 412 499	5 670 406	4 494 937	1 346 074	421 281	1 094 448
МОСКВА БЕЛОРУССКАЯ	-599 921	-7 520 205	-286 763	-142 958	-345 020	5 491 279	4 405 263	943 012	17 020 225	4 538 388	18 852 258	21 354 233		0	-791 600	6 259 448	6 274 625	7 342 359	4 422 309	1 901 230	730 739	5 806 504
МОСКВА САВЕЛОВСКАЯ	12 056 301	12 961 026	1 755 799	2 140 223	243 553	9 121 305	8 431 949	5 926 389	21 434 135	8 218 817	6 255 859	43 626 174	408 539		4 563 363	1 272 224	102 494	203 608	62 115	-447 941	-190 178	-975 018
ТИМИРЯЗЕВСКАЯ	881 068	1 022 465	103 044	66 951	19 084	1 733 640	1 753 025	693 991	6 517 178	2 454 988	1 209 483	10 931 775	-975 580	3 386 088		4 938 893	4 664 547	2 865 024	3 490 161	1 105 673	138 181	1 130 597
ОКРУЖНАЯ	89 622	46 438	5 691	2 600	1 629	284 283	330 829	1 473 930	4 945 655	740 830	-6 919	3 160 673	2 961 555	2 595 861	2 591 768		77 050	639 653	1 710 209	779 294	217 592	1 196 194
ДЕГУНИНО	502 331	238 036	54 377	77 555	6 636	583 081	404 376	467 340	2 635 224	1 446 206	208 991	2 655 319	5 013 801	526 949	3 861 686	52 127		74 802	913 828	66 583	6 275	259 321
БЕСКУДНИКОВО	490 417	422 735	46 998	62 574	13 979	836 734	670 864	889 066	3 538 582	2 323 038	584 661	3 398 333	5 988 000	518 641	2 743 853	786 000	42 446		95 351	78 049	8 711	319 071
ЛИАНОЗОВО	614 183	556 792	42 828	86 720	22 652	823 078	572 761	670 538	2 757 988	1 688 373	332 085	2 120 520	3 859 790	227 031	3 321 164	1 574 824	836 409	63 869		25 090	62 374	1 019 128
МАРК	39 042	31 614	3 677	6 065	784	179 222	80 413	167 383	751 824	474 488	118 168	749 132	1 764 612	-56 001	1 480 304	811 515	103 919	104 459	-1 868		-3 196	119 822
НОВОДАЧНАЯ	18 646	12 797	0	8 912	3 565	65	15 160	7 350	36 651	19 606	3 405	74 002	86 673	-190 264	-45 961	115 644	-3 251	-7 612	41 384	797		17 877
ДОЛГОПРУДНАЯ	338 004	309 332	23 227	85 183	4 395	295 043	140 227	140 306	364 045	740 308	112 144	643 783	1 120 541	-335 898	1 667 810	1 428 096	237 267	409 434	755 669	144 796	30 029	

Источник: Составлено авторами.

и критериям. Вывод – методы опроса не так эффективны для совершенствования систем управления движением и транспортным обслуживанием населения. Реализованные маршруты дают более точную картину предпочтений и отношения к качеству ОТ.

• Не все ПОТ по факту перемещения выбирают рациональный маршрут передвижения. Вывод – выделение рационального потока пассажиров на комбинированном транспортном маршруте, оценка его мощности и чувствительности на ценовые, сервисные и организационные меры позволит разработать действенный механизм управления движением отдельных течений людских потоков в мегаполисе, а также определить узкие места в системе организации движения и транспортного обслуживания.

• К новым сервисам необходимо отнести предложения маршрутов для различных профилей ПОТ с более «качественными» характеристиками элементов инфраструктуры ОТ в допустимых диапазонах превышения времени в пути следования и стоимости проезда, которые бы учитывали желание и способность ПОТ самостоятельно проводить многопараметрический анализ и многокритериальную оценку вариантов маршрутов с наилучшими для него характеристиками.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных нами исследований показывают, что доля мультимодальных перевозок по комбинированным маршрутам ПОТ с использованием железнодорожного транспорта и городского общественного транспорта в маятниковых схемах миграции населения высока. При этом наблюдаются резервы для оптимизации нагрузки на отдельных участках транспортной сети мегаполиса за счёт изменения направления движения течений пассажиропотоков, идентифицированных по поведенческим профилям ПОТ.

Для формирования поведенческого профиля ПОТ предлагается использовать принцип предпочтительности не только по известным параметрам маршрута (вид транспорта, допустимое количество пересадок, максимальное время ожидания транспортного средства, время прохождения пеших участков и др.), но и по параметрам качества элементов инфраструктуры общественного транспорта, задействованных на маршруте.

Спецификация профильных течений пассажиропотока осуществляется на основе модели сетевой близости и комплексной оценки качества маршрута, которая затрагивает не только его структуру и результативность с позиции экономии времени и денег, но и удобство, и «современность».

Также нами была выявлена тенденция в г. Москве по изменению предпочтения ПОТ в процессе выбора варианта маршрута, с первоначального планируемого более экономного по времени на вариант маршрута с лучшими показателями качества, но более продолжительного по времени движения (при приблизительном равенстве общей стоимости проезда).

Анализ и оценка чувствительности связанных потоков пешеходов и пассажиров в границах длинных комбинированных маршрутов к изменению параметров качества элементов инфраструктуры общественного транспорта позволяют предложить населению новый сервис [18], продукт логистики мультимодальных, пассажирских перевозок – варианты маршрутов для конкретных поведенческих профилей ПОТ.

Введение понятия «пользователь общественным транспортом» с переменным статусом позволяет решить проблему несогласованности решений в мультиагентной системе, объединить соответствующую аналитику в многослойной экосистеме транспорта, увязать оценки качества улично-дорожной сети, маршрутной сети, транспортного средства, перевозки по маршруту и сервисов, конкретного индивида или конкретной группы людей в рамках одного поведенческого профиля.

Интересными становятся также исследования по выбору маршрутов движения на общественном транспорте и оценка их качества людьми, имеющими личное транспортное средство, в том числе в регионах и странах, имеющих высокий уровень автомобилизации в расчете на 1000 жителей, например, в США и ЕС (в 2022 году оценивался в более 850 и 560 автомобилей соответственно).

В целом, понимание логики формирования маршрута и выбора варианта передвижения людей по территории мегаполиса оказывает непосредственное влияние на загруженность отдельных участков транспортных линий и эффективность работы

общественного транспорта, позволяет разработать обоснованные планы необходимых изменений в транспортных системах и комплексах, учитывающие специфику текущего и прогнозируемого поведения пользователей транспортных услуг в конкретном регионе. Это касается также и программ развития общественного транспорта, в которых определяются первоочередные объекты для транспортного строительства и реконструкции транспортных линий и узлов. В этом контексте актуальны более глубокие исследования, которые будут опираться на использование современных технологий машинного обучения в реальном времени для сложной агентной модели принятия решений в городах [19].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Sztangret, I. Systemic Sustainable Development in the Transport Service Sector. Sustainability, 2020, 12 (22), 9525. DOI: 10.3390/su12229525.

2. Barter, P. A. Public Planning with Business Delivery of Excellent Urban Public Transport. Policy and Society, 2008, Vol. 27, Iss. 2, pp. 103–114. DOI: 10.1016/j.polsoc.2008.09.007.

3. Van Lierop, D., Badami, M. G, El-Geneidy, A. M. What influences satisfaction and loyalty in public transport? A review of the literature. Transport Reviews, 2018, 38 (1), pp. 52–72. DOI: 10.1080/01441647.2017.1298683.

4. Milovanović, A., Lekić, O. Z. Indicators of Sustainable Development and the Urban Sustainability. In: Sustainability and Resilience Socio-Spatial Perspective, TU Delft Open, 2018, pp. 103–124. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/328320057_Indicators_of_Sustainable_Development_and_the_Urban_Sustainability. Доступ 21.11.2023.

5. Litman, T. The Future is not what it Used to Be: Changing Travel Demands and their Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute. [Электронный ресурс]: https://www.vtpi.org/future.pdf. Доступ 21.11.2023.

6. Litman, T. Evaluating Public Transit Benefits and Costs. Victoria Transport Policy Institute. [Электронный ресурс]: https://www.vtpi.org/tranben.pdf. Доступ 21.11.2023.

7. Mouter, N., Chorus, C. Value of time – A citizen perspective. Transportation Research, Part A, 2016, Vol. 91 (C), pp. 317–329. DOI: 10.1016/j.tra.2016.02.014.

8. Molin, E., Adjenughwure, K., De Bruyn, M., Cats, O., Warffemius, P. Does conducting activities while traveling reduce the value of time? Evidence from a within-subjects designed choice experiment. Presentation at the International Transport Forum (ITF) Roundtable on Zero Value of Time. ITF Roundtable Reports, 2019, Vol. 132 (2), pp. 18–29, Paris, France: OECD Publishing. DOI: 10.1016/j.tra.2019.10.017.

9. Crozet, Y., Mercier, A. Urban Toll: Rethinking Acceptability Through Accessibility. International Transport Forum Discussion Papers, 2018, No. 2018–16, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/af22477a-en.

10. Sidorchuk, R., Efimova, D., Lopatinskaya, I., Kaderova V. Parametric Approach to the Assessment of Service Quality Attributes of Municipal Passenger Transport in Moscow. Modern Applied Science, 2015, Vol. 9, Iss. 4, pp. 303–311. DOI: http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n4p303.

11. Намиот Д. Е., Покусаев О. Н., Чекмарев А. Е. Модели сетевой близости в информационных системах на транспорте. International Journal of Open Information Technologies, 2020, Vol. 8, № 9, pp. 53–58. EDN: PDQDEW.

12. Leviäkangas, P., Öörni, R. From business models to value networks and business ecosystems – What does it mean for the economics and governance of the transport system? Utilities Policy, 2020, Vol. 64, 101046. DOI: 10.1016/j.jup.2020.101046.

13. Vicente, P., Suleman, A., Reis, E. Index of Satisfaction with Public Transport: A Fuzzy Clustering Approach. Sustainability, 2020, 12 (22), 9759. DOI: https://doi.org/10.3390/su12229759.

14. Медведенко С. А., Намиот Д. Е. Визуальный анализ данных пассажиропотока железнодорожного транспорта. International Journal of Open Information Technologies, 2021, Vol. 9, Iss. 6, pp. 51–60. [Электронный ресурс]: http://injoit.org/index.php/j1/article/view/1113. Доступ 23.11.2023.

15. Kittelson, W. K. Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service. In: Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity. Proceedings. June 27–July 1, 2000, Maui, Hawaii. Transportation Research Board. National Research Council. Ed. Werner Brilon. [Электронный ресурс]: https://trid.trb.org/view/657327. Доступ 23.11.2023.

16. Worsley, T., Leung, J. What is the Value of Saving Travel Time? Summary and Conclusions. International Transport Forum, 2019, pp. 12–15. Paris, France. [Электронный ресурс]: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/value-saving-travel-time.pdf. Доступ 23.11.2023.

17. Adjenughwure, K. The Monetary value of a pleasant and productive train trip. Master Thesis, Delft University of Technology. 2017. [Электронный ресурс]: https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid: fec31781-e374–4eb4–9e8a-02064fca0c63?collection=education. Доступ 23.11.2023.

18. Esztergár-Kiss, D., Kerényi, T. Creation of mobility packages based on the MaaS concept. Travel Behavior and Society, 2020, Vol. 21, pp. 307–317. DOI: 10.1016/j.tbs.2019.05.007.

19. Yan Zhang, Grignard, A., Lyons, K., Aubuchon, A., Larson, K. Real-time Machine Learning Prediction of an Agent-Based Model for Urban Decision-making (Extended Abstract). Proceedings from AAMAS '18: 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, 2018, pp. 2171–2173. [Электронный ресурс]: https://ifaamas.org/Proceedings/aamas2018/pdfs/p2171.pdf. Доступ 23.11.2023.

Информация об авторах:

Бубнова Галина Викторовна *– доктор экономических наук, профессор кафедры экономики, организации производства и менеджмента, заместитель директора Научно-образовательного центра «Цифровые высокоскоростные транспортные системы» (НОЦ ЦВТС) Российского университета транспорта, Москва, Россия, Bubisek@mail.ru.*

Покусаев Олег Николаевич *– кандидат экономических наук, доцент, директор Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта, Москва, Россия, oleg@pokusaev.com.*

Акимов Андрей Валерьевич *– генеральный директор ООО Аэроэкспресс, Москва, Россия, akimov_post@mail.ru.*

Статья поступила в редакцию 11.11.2023, одобрена после рецензирования 27.12.2023, принята к публикации 29.12.2023.