

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(СПбНЦ РАН)

УДК 338.47

Рег. № НИОКТР АААА-А17-117041850231-7

Рег. № ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ



ВРИО председателя СПбНЦ РАН

к.б.н.

Ю. Н. Бубличенко

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

«Разработка функциональной модели, структуры и блок-схемы комплексной
схемы управления транспортными потоками большого города по
экологическим показателям»

(тема № 0240-2018-0002 Государственного задания)

(промежуточный, этап 2)

Научный руководитель
директор по науке СПбНЦ РАН
д.т.н., проф.

О. В. Белый

Санкт-Петербург

2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
директор по науке

д.т.н., проф.  О.В. Белый (реферат, введение, заключение)

Ответственные исполнители:

к.т.н., доцент, в.н.с.



Л.Д. Барина (введение, 1, 2, заключение)

к.ф.-м.н., доцент, в.н.с.



Л.Э. Забалканская (1, 2, 3, 4, 5)

РЕФЕРАТ

Отчет 1 книга, 86 с., 4 рис., 10 таб., 41 ист., 1 прил.

ГОРОДСКОЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, УСТОЙЧИВАЯ МОБИЛЬНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В качестве объекта исследования рассматривается городской общественный транспорт.

Цель научного исследования – разработка системы критериев и показателей устойчивого развития городского общественного транспорта.

Актуальность исследования. Решение проблем обеспечения высокого качества жизни жителей крупных городов напрямую связано с устойчивой городской мобильностью, что подразумевает, прежде всего, переход на более устойчивые способы передвижений. Развитие общественного транспорта на качественно новом уровне вносит существенный вклад в экологически устойчивое развитие крупных городов, обеспечивая потребности в необходимых передвижениях при условии минимизации негативного воздействия на городскую среду и здоровье человека. Управление устойчивым развитием общественного транспорта требует создания системы показателей состояния системы относительно основных целей устойчивого развития, сформулированных в Повестке дня ООН до 2030 года.

В настоящем отчёте проанализирован международный опыт решения транспортных проблем мегаполисов, а также рассмотрены существующие системы показателей устойчивой городской мобильности. На основании изучения принятых ООН документов об устойчивом развитии и международного опыта разработана система критериев и показателей экологически устойчивого развития городского общественного транспорта, которая может быть использована в системах управления общественным транспортом, а также при экспертной оценке экологической устойчивости городского общественного транспорта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	7
1 Анализ влияния экологически устойчивого развития городского общественного транспорта на достижение целей устойчивого развития...	7
2 Концептуальные основы разработки системы показателей экологически устойчивого развития городского общественного транспорта.....	16
3 Международный опыт формирования показателей устойчивой городской мобильности и экологически устойчивого развития.....	20
4 Показатели устойчивого развития общественного транспорта.....	53
5 Сравнительный анализ различных видов городского общественного транспорта.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А Список публикаций по теме в 2018 году.....	86

ВВЕДЕНИЕ

В 2014 году 54% населения земли проживало на урбанизированных территориях. По прогнозам ООН к 2030 году это число достигнет 60%, а к 2050 – 66%. [1] Люди, проживающие на таких территориях, особенно в крупных городах, подвергаются различным негативным воздействиям, начиная от низкого качества воздуха и других природных сред и заканчивая акустическими, вибрационными и электромагнитными полями. Следует учитывать, что это воздействие является комплексным и представляет угрозу жизни и здоровью горожан. Определяющую роль в этом воздействии играют факторы, связанные с транспортной деятельностью, объёмы которой непрерывно увеличиваются (к 2030 году пассажиропоток достигнет 80 триллионов пассажиро-километров, а количество автомобилей к 2050 году удвоится). На рисунке 1 приводятся прогнозные данные об увеличении пассажиропотока различных видов транспорта, если транспортная политика не претерпит существенных изменений (Business as Usual 2015–2030) [1]

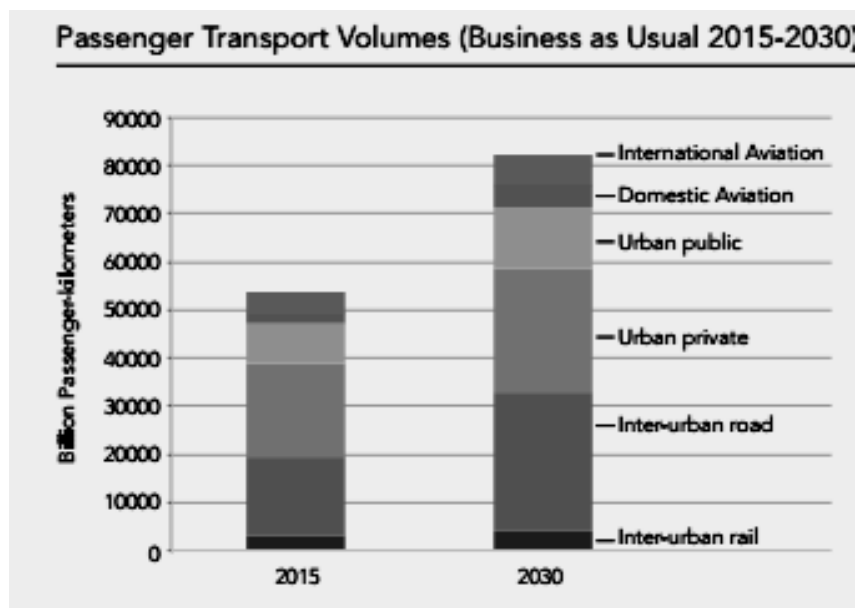


Рисунок 1 – Прогноз увеличения пассажиропотока на внутригородском железнодорожном, других видах общественного транспорта и личном автотранспорте, а также в авиации

Удвоение количества личного автотранспорта приведёт к невозможности передвижения по существующей УДС даже в случае её модернизации, поскольку строительство инфраструктуры, обеспечивающей передвижение такого количества транспортных средств, невозможно в связи с ограниченными пространственными ресурсами. По прогнозам учёных в 2050 году каждый житель города будет проводить в

пробках около 106 часов в год. [2] Кроме того, это спровоцирует существенное увеличение выбросов от автотранспорта и, таким образом, значительно повысит внешние издержки транспортной системы.

Существенную роль играет также дорожный травматизм и гибель людей в результате ДТП (97% смертей, связанных с происшествиями на транспорте, относятся к автомобильному транспорту, при этом от 40 до 50% таких смертей происходят на урбанизированных территориях [1]) и эти значения также увеличатся в связи с увеличением количества единиц личного автотранспорта. Следует упомянуть, что уже сейчас гибель в ДТП является основной причиной смерти для людей в возрасте от 15 до 29 лет. При этом демографические прогнозы предполагают, что к 2030 году 16,5% населения Земли будут старше 60 лет.

Кроме того, транспортная деятельность является причиной значительных объёмов выбросов газов, ответственных за изменение климата, т.е. оказывает не только локальное, но и глобальное воздействие на окружающую природную среду.

Функционирование транспортной системы является важнейшим фактором достижения экономического процветания и обеспечения жителей города возможностью доступа к рабочим местам и различным городским сервисам, т.е. во многом определяет качество жизни. Поэтому именно экологически устойчивое развитие городской транспортной системы позволит обеспечить баланс экономической, социальной и экологической сфер. Обеспечение транспортных потребностей жителей города в этой связи требует устойчивого развития общественного транспорта (ОТ). Для управления этим процессом необходимо разработать набор показателей устойчивого развития городского общественного транспорта, охватывающий все аспекты экологической устойчивости и применяемого для управления как отдельными транспортными предприятиями и видами ОТ так и всей системой городского общественного транспорта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Анализ влияния экологически устойчивого развития городского общественного транспорта на достижение целей устойчивого развития

Устойчивость транспортной системы играет существенную роль в достижении большинства целей, сформулированных в Повестке дня 2030 – Преобразуем наш мир. [3]

На основании определения, принятого Комиссией по транспорту Евросоюза в апреле 2001, можно считать устойчивой такую транспортную систему, которая позволяет удовлетворять транспортные потребности экономики и общества таким образом, чтобы транспортные услуги были доступными, безопасными для человека и экосистем; их оказание способствовало преодолению неравенства внутри и между поколениями, было экономически и экологически эффективными, обеспечивающими возможность выбора способа транспортировки, поддерживающего конкурентную экономику и сбалансированное региональное развитие. При этом эмиссия и образование отходов не должны превышать способность планеты к их поглощению, расходование возобновляемых ресурсов не должно превышать темпа их восстановления и (или) темпа развития возобновляемых замен, т.е. негативное воздействие на окружающую природную среду должно быть минимизировано.[4] Следует отметить, что устойчивость городской транспортной системы во многом определяется устойчивым развитием транспорта общего пользования и, прежде всего, общественного транспорта.

Рассмотрим более подробно, взаимосвязь развития городского общественного транспорта и те цели устойчивого развития до 2030 года, для достижения которых важна его устойчивость.

Цель № 3 Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте. При этом предполагается к 2020 году вдвое снизить количество смертельных случаев и травм в дорожно-транспортных происшествиях (подцель 3.6). В связи с этим следует подчеркнуть, что жители урбанизированных территорий, особенно в слабо развитых и развивающихся странах, более подвержены опасности оказаться участником дорожно-транспортного происшествия, при этом среди всех погибших в результате ДТП половина являются пешеходами (22%), велосипедистами (4%) или мотоциклистами (23%). [5] Однако при передвижении на автобусе риск погибнуть в ДТП в 10 раз ниже, чем при поездке на легковом автомобиле. Увеличение доли поездок на общественном транспорте в общем количестве передвижений на 10–20% сопровождается снижением количества смертей в ДТП на 15%. [1] Следовательно, для обеспечения

безопасности следует особое внимание уделить развитию безопасной инфраструктуры для этих участников движения, не забывая при этом, что пешеходы во многих случаях передвигаются именно к и от остановки ОТ или совершают пересадку с одного вида транспорта на другой. Таким образом, необходимо обеспечивать безопасность не только в момент собственно передвижения на ОТ, но сделать безопасным весь маршрут от двери до двери, т.е. управление устойчивым развитием ОТ должно предполагать, в том числе, и управление развитием всех объектов транспортной инфраструктуры (остановок, пересадочных узлов и подходов к ним).

Ещё одна подцель – 3.9 предполагает к 2030 году существенно снизить заболеваемость и смертность от болезней, обусловленных загрязнением природных сред. В связи с этим необходимо упомянуть, что в наиболее крупных городах России – Москве и Санкт-Петербурге загрязнение воздушной среды определяется именно воздействием автотранспорта (93,5% и 85,7% соответственно). При этом в 2015 году в России число дополнительных случаев смерти по причине болезней органов дыхания, кровообращения и новообразований, ассоциированных с загрязнением воздушной среды, составило 8 тысяч человек, а дополнительных случаев заболеваний органов дыхания, глаз, эндокринной системы, крови, кроветворных органов, а также нарушений деятельности иммунной системы – 3022 тыс. [6] По оценкам экспертов ежегодно более чем 245,000 человек в странах ЕС заболевают кардиососудистыми расстройствами, причиной которых является шумовое воздействие от транспорта, у более 20% из них эти заболевания, в конечном итоге, служат причиной преждевременной смерти. [1]

Для снижения негативного воздействия транспортных потоков необходимы меры по изменению качественного и количественного состава транспортных потоков. Это может быть достигнуто как с помощью снижения пробега личного автотранспорта, в том числе и с переключением пассажиропотока на ОТ, так и развитием электротранспорта, не загрязняющего воздушную среду непосредственно в процессе движения, а также совершенствованием транспортных средств, в том числе и переходом на более «экологичные» виды моторных топлив. Снижение пробега личного автотранспорта и переключение на более устойчивые виды передвижений невозможно без повышения уровня экологической культуры всех жителей города, и, в особенности, тех, кто принимает решения по развитию городской транспортной системы. В связи с этим, одной из важнейших целей является Цель № 4: обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех, причём особое значение имеет подцель 4.7 – к 2030 необходимо обеспечить, чтобы все обучающиеся приобрели знания, умения и навыки необходимые

для содействия устойчивому развитию, в том числе посредством обучения по вопросам устойчивого развития и устойчивого образа жизни. Сформированное таким образом экологическое мировоззрение у значительной части жителей города внесёт существенный вклад в изменение модели транспортного поведения населения, что приведёт к росту пассажиропотока общественного транспорта и городской транспорт общего пользования должен быть готов предоставить всем горожанам возможность совершать комфортные, безопасные и доступные поездки. В особенности это относится к ежедневным маятниковым передвижениям. Кроме того, полученные персоналом транспорта знания по возможности снижения негативного воздействия на городскую среду в процессе выполнения различных технологических операций (эковождение, меры по предотвращению загрязнений при обслуживании подвижного состава и т.п.), позволят минимизировать загрязнения, снижая их интенсивность.

Снижение негативного воздействия на природные среды от транспорта соответствует выполнению Цели № 6: Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех. Для её выполнения предполагается:

— подцель № 6.3 – к 2030 повсеместно повысить качество воды, посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сбросов экотоксикантов в водные объекты, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования водных сточных вод;

— подцель № 6.4 – существенно повысить эффективность водопользования во всех сферах деятельности и существенно сократить количество людей, страдающих от нехватки чистой воды;

— подцель № 6.5 – к 2030 году ввести комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях.

В связи с этим необходимо упомянуть, что обслуживание транспортных средств требует значительных объемов воды, в которую в процессе различных технологических операций попадают такие загрязнители как ПАВ, нефтепродукты и т.д., при этом загрязнения распространяются за пределы городских территорий по различным водотокам. Поэтому очистка и повторное использование воды на предприятиях транспортной сферы является необходимым условием снижения воздействия городской транспортной системы на поверхностные и подземные воды не только города, но и всех окружающих территорий, а значит и мест водозаборов питьевой воды.

Несмотря на то, что Россия обладает одними из самых больших запасов пресной воды среди всех стран мира, имеет место их неравномерное распределение по территории страны, не согласующееся с реальными потребностями в пресной воде. Наименьшая

водообеспеченность характерна для Центрального, Южного и Приволжского федеральных округов. [7] Данные территории отличаются высокой плотностью населения, значительная доля которого проживает в городах. Следовательно, создание систем системы замкнутого водооборота, а также применение технологий, позволяющих снизить количество воды, потребляемой на объектах транспорта в городах данных регионов наиболее актуально.

По данным Всемирного энергетического агентства (IEA) транспорт – один из крупнейших потребителей энергии, при этом основным первичным источником энергии для транспорта является нефть, так в 2014 год в конечном потреблении энергии в транспортном секторе 92% составляли нефтепродукты, 4% природный газ, 3% биотопливо, 1% - остальные источники. Автомобильный транспорт – один из крупнейших потребителей нефти, на его долю приходится 50% общего потребления нефти в мире. [8]. Однако по различным оценкам от 70 до 84 % энергии моторного топлива теряется из-за неэффективности его использования в ДВС и трансмиссии. Поэтому прогресс в достижении Цели № 7: Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех, особенно в части, касающейся подцелей № 7.3 – к 2030 удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности и № 7.2 – существенно увеличить долю использования возобновляемых источников энергии невозможно представить без целенаправленных действий в этом направлении в транспортной сфере. На городском пассажирском транспорте общего пользования можно достичь более быстрого прогресса как в повышении энергоэффективности, так и в переходе на альтернативные источники энергии, чем при использовании личного автотранспорта. Общественный транспорт управляется централизованно и датируется государственными органами, таким образом, соответствующие цели и задачи управления могут быть внесены как один из наиболее существенных элементов в стратегию управления.

Повышение энергоэффективности и связанная с ним экономия энергоресурсов тесным образом связаны с подцелью № 8.4 – постепенно повышать глобальную эффективность использования природных ресурсов во всех сферах производства и потребления и стремиться к тому, чтобы обеспечить экономический рост без деградации окружающей природной среды – цели № 8: поддерживать поступательный, всеохватный, устойчивый экономический рост, содействовать полной и производительной занятости и достойной работе для всех. Следует отметить, что по затратам ресурсов в процессе производства на единицу выполняемой за жизненный цикл транспортной работы подвижной состав общественного транспорта гораздо эффективнее личного автомобиля.

Передвижение на общественном транспорте позволяет также экономить пространственные ресурсы, которые могут быть использованы для других целей, в том числе озеленения городского пространства.

Кроме того, функционирование транспортной системы создаёт рабочие места не только внутри себя, но в большом количестве смежных отраслей. В Европе операторы общественного транспорта суммарно создают 1,2 миллиона рабочих мест, а каждое рабочее место в секторе общественного транспорта связано с 2-2.5 рабочими местами в других секторах экономики. [9] Таким образом, развитие инновационных подходов и применение наиболее прогрессивных технологий на транспорте даёт возможность обеспечить и такую подцель этой же цели как №8.3 - продвижение ориентированной на развитие производства политики, которая поддерживает креативность и инновации, создаёт достойную работу для всех. При этом согласно подцели 8.8 на предприятиях общественного транспорта необходимо защищать трудовые права и содействовать обеспечению надёжных и безопасных условий работы для персонала.

Развитие городского общественного транспорта, обеспечивающее его доступность и минимизацию воздействия на городскую среду, в значительной мере будет способствовать также реализации подцели 8.9 – продвижение устойчивого туризма, который опять же создает рабочие места и продвигает местную культуру и продукты. Свобода передвижения, чистая городская среда и сохранённые памятники истории и культуры – вот те факторы, которые будут способствовать привлечению потока туристов не только в наиболее известные города, но и в другие исторические поселения со своими культурными особенностями, что также будет способствовать экономическому процветанию.

Цель № 9 – Создание стойкой инфраструктуры, способствующей всеохватной и устойчивой индустриализации на основе инновационных подходов – имеет непосредственное отношение к развитию транспортной системы как одного из важнейших элементов инфраструктуры экономики. Подцели № 9.1 – Развитие качественной, надёжной, устойчивой и стойкой инфраструктуры для поддержки экономического развития и благополучия человека, с особым вниманием к обеспечению недорогого и равноправного доступа для всех; и № 9.4 – к 2030 году все страны в соответствии со своими возможностями должны модернизировать инфраструктуру и переоборудовать предприятия таким образом, чтобы обеспечить, чтобы устойчивость, эффективность использования ресурсов, применяя наиболее экологически чистые технологии, устанавливают направления устойчивого развития транспортной инфраструктуры.

Городской общественный транспорта должен обеспечить всем горожанам, не зависимо от возраста, пола и дохода, а также физических возможностей доступ как к рабочим местам, соответствующим их квалификации, так и различным городским сервисам, что является неременным условием, как экономического процветания, так и качества жизни жителей города. При этом развитие городской транспортной инфраструктуры должно способствовать эффективному, в том числе и экологически эффективному перемещению грузо- и пассажиропотоков, что является необходимым условием эффективности всей экономики города, а иногда и региона. Следует отметить, что качество, достаточное развитие транспортной инфраструктуры, а также сбалансированное распределение грузо- и пассажиропотоков по ней во многом определяет интенсивность проявления факторов негативного воздействия транспортных потоков на городскую среду, а значит здоровье и благополучие населения.

Реализация подцели 9.с – существенно расширить доступ к информационно-коммуникационным технологиям, – также можно рассматривать применительно к транспорту. Создание информационных сервисов, которые помогают пользователям планировать поездки с использованием всех доступных способов передвижения в их оптимальном сочетании, доступных для всех будет способствовать более экологически устойчивому транспортному поведению жителей города.

Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов является содержанием цели № 11. Устойчивое развитие городского общественного транспорта реализует подцель № 11.2 – обеспечение равных возможности доступа к безопасной, недорогой, и экологически устойчивой транспортной системе для всех жителей города, на основе повышения безопасности дорожного движения, в частности расширения использования общественного транспорта, обращая особое внимание на потребности уязвимых групп населения – людей с ограниченными возможностями, а также детей и пожилых людей.

В этой связи реализация цели 11.3 – расширить масштабы открытой для всех и экологически устойчивой урбанизации и возможности для комплексного и устойчивого планирования населённых пунктов и управления ими, снизит потребность в передвижениях, в особенности в передвижениях, осуществляемых на личном автотранспорте. Комплексное планирование землепользования предполагает наличие достаточного количества рабочих мест вблизи от места проживания, а также планирование транспортного обслуживания новостроек с применением наиболее экологически устойчивых видов передвижений, и прежде всего различными видами общественного транспорта. Подцель 11.7 – обеспечить возможность доступа к

безопасным, инклюзивным, зелёным публичным пространствам для всех жителей города также предполагает развитие общественного транспорта, поскольку он является более безопасным средством передвижения, чем личный автомобиль.

Подцель 11.6 – уменьшить удельное (на душу населения) неблагоприятное воздействие на городскую среду, обращая особое внимание на качество воздуха и объем образования различных видов отходов. Как уже было сказано выше, транспорт является главным загрязнителем воздушной среды в крупных городах. Однако по оценкам экспертов в крупных городах Европы общественный транспорт ответственен не более чем за 4-6% выбросов CO₂. То есть, беря на себя существенную часть пассажиропотока, что характерно для городов Европы, общественный транспорт является гораздо более экологически эффективным, нежели личный автотранспорт. [10] Такую экологическую эффективность общественного транспорта обеспечивает, в том числе, и использование современного подвижного состава, а также альтернативных источников энергии.

Достижение цели № 11.4 – усилить деятельность, направленную на сохранение объектов культурного и природного наследия – также предполагает существенное снижение негативного воздействия транспорта (шум и вибрация) на эти объекты и городскую среду (загрязнения) в целом.

Подцели № 12.4 – обеспечение устойчивого управления переработкой отходов, образовавшихся на всём жизненном цикле продукции, сопровождаемое снижением негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека при их утилизации; и № 12.5 – существенное снижение объема отходов путём предотвращения их образования, их сокращению, переработке с последующим использованием цели № 12 – обеспечение перехода к рациональным моделям производства и потребления, задают направление стратегии обращения с отходами. Транспортные предприятия являются источниками, как бытовых отходов, так и промышленных отходов всех классов опасности. Создание и успешное функционирование системы утилизации отходов, как на уровне города, так и на уровне транспортных предприятий позволит увеличить долю рециклинга отходов, образующихся на предприятиях по обслуживанию подвижного состава ОТ и, тем самым, снизить воздействие на городскую среду, связанное с размещением отходов.

Подцель № 12.2 Обеспечение рационального освоения и устойчивого эффективного использованием природных ресурсов также имеет прямое отношение, как предприятиям транспортного комплекса, так и собственно к управлению транспортными средствами (эковождение). Эффективное энергопотребление на транспорте уже обсуждалось выше. Эффективность потребления неэнергетических природных ресурсов

также является важнейшей частью устойчивости транспортной системы. Применение инновационных подходов при создании и обслуживании подвижного состава позволяют не только снизить потребление энергоресурсов, но и обеспечить более длинный и менее затратный жизненный цикл транспортных средств. Приоритетность движения общественного транспорта создаёт более равномерный скоростной профиль, что позволяет не только снизить выбросы и шумовое воздействие, но также и снизить износ транспортных средств ОТ. Всё это способствует снижению потребности в природных ресурсах, необходимых для создания новых транспортных единиц и ремонта существующих.

Подцель 12.6 – рекомендовать компаниям применять устойчивые методы производства и отражать информацию о рациональном использовании ресурсов в своих отчётах, прямо указывает на необходимость создания системы мониторинга использования ресурсов на всех предприятиях, в том числе и транспортных. Подцель 12.7 – содействовать обеспечению экологичной практики государственных закупок в соответствии с национальными стратегиями и приоритетами, – также указывает на необходимость разработки системы показателей для сравнения различных транспортных средств при осуществлении закупок для организации работы городского общественного транспорта.

Подцель 12.8 – обеспечить, чтобы люди во всём мире сведениями об устойчивом развитии и образе жизни в гармонии с природой перекликается с подцелью 4.7, поскольку реализация этих целей ведёт к формированию экологического мировоззрения, что позволяет обеспечивать выбор наиболее устойчивых способов совершения передвижений. Одним из способов её достижения должно стать формирование информационной среды, позволяющей получить сведения о состоянии городской среды и влиянии на неё транспортных потоков, а также о способах снижения этого негативного влияния. В связи с этим следует отметить, что социальная реклама, иллюстрирующая эффективность использования УДС при различных способах передвижения (автомобиль, общественный транспорт, велосипед) впервые появилась более полувека назад [11], поскольку уже тогда было осознано, что для изменения модели транспортного поведения жителей города необходимо, в том числе, и информационное воздействие. Применение водителями как личного, так и общественного транспорта приёмов эковожждения позволяет обеспечить более эффективное использование моторного топлива (экономия по различным оценкам составляет 8–12%), а также уменьшить потребление ресурсов при обслуживании автотранспорта за счёт снижения нагрузок на различные части автомобиля [12].

Существенные объёмы выбросов газов, ответственных за изменение климата, от транспортной деятельности позволяют выделить цель № 13 – принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями, как одну из наиболее существенных для транспортной политики. В частности подцель 13.2 предполагает включение мер по противодействию климатическим изменениям в государственные стратегии и программы действий. Таким образом, снижение объёмов выбросов «климатических» газов должно быть включено во все стратегические документы по управлению развитием транспортной системой и в частности системой городского общественного транспорта. Следует учитывать тот факт, что удельный выброс (на ед. транспортной работы) каждого из видов ОТ существенно меньше аналогичного для личных автомобилей. Проведённые в различных странах исследования показывают, что переключение более 10% пассажиропотока с личного автотранспорта на автобус даёт большой вклад в снижение выбросов и увеличение эффективности использования всех видов ресурсов, в том числе и пространственных, чем совершенствование транспортных средств автотранспорта. [13] Таким образом, развитие городского общественного транспорта и переключение на него существенной части пассажиропотока может рассматриваться как одна из наиболее действенных мер по борьбе с климатическими изменениями.

Однако без формирования экологического мировоззрения, в том числе и посредством совершенствования образования с целью повышения осведомленности о последствиях изменения климата и способности человека смягчать их (подцель № 13.3 – улучшить просвещение, распространение информации и возможности людей и учреждений по смягчению остроты и ослаблению последствий изменений климата) невозможен прогресс в глобальном противодействии изменениям климата. Все решения по управлению экономическим и социальным развитием принимаются людьми и без соответствующего внутреннего императива разработка комплекса мер для реализации этой цели не будет считаться настолько важным, насколько является на самом деле. Всё это относится и к руководителям, принимающим решения о развитии городской транспортной системы, руководителям транспортных предприятий и работникам транспорта, а также ко всем участникам движения. Так, например, применение приёмов эковождения позволяет сократить выбросы на 5–20% [12].

Подводя итог, отметим, что устойчивое развитие городского общественного транспорта является необходимым условием реализации большинства целей Повестки дня ООН до 2030 года.

2 Концептуальные основы разработки системы показателей экологически устойчивого развития городского общественного транспорта

Необходимо отметить, что во многих городах мира стратегическое планирование как часть управления устойчивым развитием транспорта подразумевает планирование устойчивой мобильности, а не планирование транспортного обслуживания. Таким образом, фокус переносится с обеспечения движения транспортных потоков к обеспечению потребностей экономики и общества в передвижении грузо- и пассажиропотоков, т.е. в части обеспечения передвижения людей в планирование включаются не только передвижения на моторизованных транспортных средствах, но и немоторизованные передвижения. Мобильность жителей города рассматривается как комплексная услуга, которая должна быть предоставлена всем жителям города вне зависимости от их благосостояния, социального статуса, возраста, пола и особенностей физического состояния. Роль городского транспорта, особенно в городах России, построенных из расчёта на обслуживание населения именно таким транспортом, в достижении устойчивой мобильности трудно переоценить.

Концепция устойчивой мобильности предполагает, что основными критериями устойчивости являются доступность транспортной услуги (как физическая, так и по стоимости транспортного обслуживания), её эффективность (как с точки зрения финансовых затрат, так и с точки зрения расходования всех видов ресурсов), безопасность и экологичность (в том числе и экологическая эффективность транспортной деятельности). Очевидно, что деятельность, направленная на то, чтобы предоставляемые транспортные услуги удовлетворяли данным критериям, существенно снижает издержки от транспортной системы и прежде всего внешние издержки, что делает транспорт более экономически эффективным в широком понимании. Обеспечение снижения количества транспортных происшествий, т.е. обеспечение безопасности, существенно снижает издержки общества на ликвидацию последствий (восстановление здоровья пострадавших в происшествиях, восстановление транспортных средств и транспортных коммуникаций и т.д.). Однако при этом происходит и снижение потребностей в использовании ресурсов, что одновременно повышает эффективность. Обеспечение эффективности потребления всех видов материальных ресурсов (в том числе и природных) транспортной системой не только удовлетворяет соответствующему критерию, но также повышает её экологичность, поскольку не происходит снижение загрязнения окружающей природной среды в процессе добычи и переработки ресурсов, необходимых для функционирования транспорта, а значит, снижаются внешние издержки от этой деятельности. Кроме того,

более эффективный расход топлива транспортными средствами снижает их выбросы, а значит, способствует ограничению воздействия транспорта на городскую среду. Доступность транспортных услуг, предоставляемых общественным транспортом, способствует такой наполняемости транспортных средств, которая обеспечивает эффективность потребления моторного топлива, или других видов энергоносителей в процессе движения, а также эффективность использования пространственных ресурсов. Деятельность, направленная на снижение загрязнений от транспорта способствует снижению заболеваемости населения болезнями, ассоциированными с загрязнением различных природных сред, т.е. снижает издержки от медицинского обслуживания, а также обеспечивает потребности экономики в трудовых ресурсах. Таким образом, понятно, что меры по управлению устойчивой мобильностью, как правило, направлены на достижение нескольких целей устойчивого развития сразу.

Для того чтобы оценить устойчивость городской транспортной системы, и направить её развитие системы в долгосрочной перспективе в направлении ограничения негативного воздействия на городскую среду и здоровье человека, повышения эффективности транспортных услуг, обеспечение равенства в распределении негативных и позитивных последствий транспортной деятельности необходима система показателей и индикаторов соответствия системы приведённым выше критериям. Такая система оценивания, будучи интегрирована в модели планирования городского развития, обеспечит информационную поддержку процессов принятия решений при планировании устойчивой городской мобильности, в том числе и оценке различных вариантов её обеспечения.

Отчёт Global Mobility Report 2017 проекта Sustainable Mobility for All (SuM4All), созданный экспертной группой при Комиссии по статистике ООН (UN Statistical Commission) Inter-Agency and Expert Group on SDG indicators (IAEG-SDGs) представляет различные аспекты (критерии, базовые ориентиры) понятия устойчивая мобильность во взаимосвязи с целями устойчивого развития до 2030 года, обоснованный набор показателей и основные принципы их отбора. [1]

Эксперты отмечают, что выбор показателей должен быть основан на следующих принципах:

— необходимо установить уровень (национальный, региональный или местный) показателей;

— показатели должны быть релевантны критериям устойчивой мобильности, т.е. по данным показателям может быть оценён прогресс на пути к устойчивой мобильности;

— количество показателей должно быть ограничено, но при этом набор показателей должен быть открыт для того, чтобы вводить новые показатели в соответствии с будущими потребностями;

— набор показателей должен максимально затрагивать все аспекты устойчивой мобильности;

— показатели должны быть понятными и однозначно определяемыми;

— показатели должны быть обоснованы с концептуальной точки зрения;

— набор показателей строится на основе и в дополнение к показателям удовлетворения Целей Устойчивого Развития Повестки дня до 2030 года;

— показатели должны вычисляться на основе проверенных официальных данных, экономически обоснованных.

Большинство российских экспертов полагают, что именно устойчивое развитие системы городского пассажирского транспорта общего пользования на данном этапе в наибольшей степени может способствовать реализации целей устойчивого развития.

В декларации Международной ассоциации предприятий городского электрического транспорта в качестве основных принципов развития транспортных систем городов указаны:

1) Ориентация на потребителя и устойчивое развитие городов (что соответствует принципам Парижской декларации «Город в движении - главное люди»). Транспортная система должна рассматриваться как комплексная услуга мобильности (включая сообщения пешком и на всех видах индивидуального и общественного транспорта всех форм собственности), которую государство предоставляет потребителям, гарантируя как высокое качество и безопасность самой поездки, так и качество городской среды (низкий уровень загрязнения воздуха, шума и т.п.).

2) Доступность и полнота информации о показателях качества и затрат по транспортной системе. В систему показателей необходимо включить как показатели качества самой поездки (скорость сообщения, комфорт, безопасность и т.п.), так и показатели влияния транспортной системы на качество жизни населения (потребность транспорта в территориальных и энергетических ресурсах, степень загрязнения окружающей среды), а также показатели затрат на развитие и эксплуатацию системы (в т.ч. прямых и косвенных, связанных с загрязнением окружающей среды и потерями времени населения на передвижения).

3) Контроль принимаемых решений по показателям качества и затрат. Каждое решение в сфере городского транспорта должно приниматься исходя из конкретной цели

и возможных вариантов её достижения. Развитие транспортной инфраструктуры (увеличение протяженности дорог, строительство метрополитенов) не может являться целью (самоцелью) и подменять реальные цели: повышение качества услуги мобильности, снижение социальных и финансовых издержек транспортной системы. [Основные принципы развития транспортных систем городов // официальный сайт Международной ассоциации предприятий городского электрического транспорта mapget.ru, url: http://mapget.ru/uploads/docs/strategy/CityTransit_Principles.pdf, дата обращения 10.09.2018]

Таким образом, очевидно, что потребность в создании системы объективной оценки показателей устойчивости транспорта осознаётся на всех уровнях управления городскими транспортными системами.

3 Международный опыт формирования показателей устойчивой городской мобильности и экологически устойчивого развития

Для оценки деятельности, направленной на достижение целей устойчивого развития была разработана Система глобальных показателей достижения целей в области устойчивого развития и выполнения задач Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года показателей.[14] Различные международные организации и группы исследователей на основании системы глобальных показателей разработали системы показателей устойчивого развития, которые могут быть использованы при разработке показателей устойчивого развития городского транспорта. Это такие проекты как:

— SLoCaT: (Sustainable, Low Carbon Transport (SLoCaT) Партнёрство в развитии устойчивого низкоуглеродного транспорта (SLoCaT). Многостороннее партнерство более чем 90 организаций (представляющие организации ООН, организации, реализующие многосторонние и двусторонние соглашения по устойчивому развитию транспорта, представляющие академическую науку и бизнес). Основной фокус - наземный транспорт в развивающихся странах (грузовой и пассажирский транспорт, включая немоторизованные передвижения), при этом предлагаемые подходы вполне универсальны. Текущий центр Партнерства – Азия, Латинская Америка и Африка. [15]

— UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN), под покровительством генерального секретаря ООН, которая мобилизует глобальные научные и технологические знания и опыт для того, чтобы способствовать практическим решениям для обеспечения устойчивого развития, включая реализацию Целей устойчивого развития и Парижское соглашение о Климате [16]

Различные предварительные варианты набора индикаторов были также разработаны UN Technical Support Team (UN TST), группой технической поддержки принятия решений по устойчивому развитию (List of Proposed Preliminary Indicators and Background Information to the List of Proposed Preliminary Indicators). Кроме того, по итогам второго совещания по целям и индикаторам устойчивого развития, прошедшего в Бангалоре в 2015 году был подготовлен документ, содержащий набор индикаторов устойчивого развития городов (BOD). [17]

В таблице 1 приведены показатели, которые могут быть применены в системах управления устойчивым развитием городской транспортной системой или при управлении устойчивой городской мобильностью.

Таблица 1 – Показатели, которые могут быть применены в системах управления устойчивым развитием городской транспортной системой или при управлении устойчивой городской мобильностью

Основные цели и подцели устойчивого развития	Индикаторы в системе глобальных показателей	Индикаторы, предложенные в других проектах	Какой из аспектов устойчивого развития отражает	Какой из критериев устойчивой мобильности представляет
Цель № 3 Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.				
3.6 К 2020 году вдвое снизить количество смертельных случаев и травм в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП);	Смертность в результате ДТП	SDSN, SLoCaT: <ul style="list-style-type: none"> • Количество смертей в ДТП на 100000 чел UN TST, SLoCaT: <ul style="list-style-type: none"> • Количество смертей в ДТП SLoCaT: <ul style="list-style-type: none"> • Количество случаев получения серьёзного вреда здоровью в результате ДТП • Экономический ущерб от дорожных аварий 	Социальный	Безопасность
3.9 к 2030 году существенно снизить заболеваемость и смертность от болезней, обусловленных загрязнением природных сред;	Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха	SDSN, UN TST: загрязнение атмосферного воздуха PM _{2,5} SDSN: загрязнение атмосферного воздуха PM ₁₀ SLoCaT: <ul style="list-style-type: none"> • загрязнение воздуха PM_{2,5}/или PM₁₀ от различных видов транспорта; • Число преждевременных смертей, связанных с загрязнением воздуха автотранспортом 	Экологический, Социальный	Экологичность, Безопасность

Продолжение таблицы 1

Цель № 6 Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех				
6.3 к 2030 повсеместно повысить качество воды, посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сбросы экотоксикантов в водные объекты, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования водных сточных вод	6.3.1 доля безопасно очищаемых сточных вод	BOD, UN TST: доля очищенных сточных вод; SDSN: доля стоков, очищенных до уровня, установленного национальными стандартами	Экологический	Экологичность
6.4 существенно повысить эффективность водопользования во всех сферах деятельности и 6.5 к 2030 году ввести комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях	6.4.1 динамика изменения эффективности водопользования 6.5.1 степень внедрения комплексного управления водными ресурсами	UN TST: эффективность использования водных ресурсов в различных отраслях экономики; SDSN и UN TST: наличие комплексной системы управления водопользованием	Экологический Экономический	Экологичность эффективность
Цель №7: Обеспечить доступ к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех				
7.2 существенно увеличить долю использования возобновляемых источников энергии	7.2.1. доля возобновляемых источников энергии, в общем объеме конечного энергопотребления	UN TST: доля предприятий, использующих энергию из возобновляемых источников	Экологический	Экологичность эффективность
7.3 к 2030 удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности	7.3.1. энергоёмкость, рассчитанная как отношение расхода первичной энергии к ВВП	UN TST: <ul style="list-style-type: none"> • эффективность использования энергии; • эффективность расхода моторного топлива SLoCaT: топливная экономичность новых автомобилей	Экологический экономический	Эффективность Экологичность

Продолжение таблицы 1

Цель № 8 Поддерживать поступательный, всеохватный, устойчивый экономический рост, содействовать полной и производительной занятости и достойной работе для всех				
8.3 содействовать проведению ориентированной на развитие политики, которая способствует созданию достойных рабочих мест	8.3.1 доля неформальной занятости в несельскохозяйственных секторах в разбивке по полу	UN TST: доля заново открывающихся вакансий в общем количестве рабочих мест SDSN: занятость молодёжи	Социальный	эффективность
8.4 постепенное повышение глобальной эффективности использования природных ресурсов во всех сферах производства и потребления и стремиться к тому, чтобы обеспечить экономический рост без деградации окружающей природной среды	8.4.1 совокупные ресурсозатраты и ресурсозатраты на душу населения и в процентном отношении к ВВП	UN TST: эффективность использования материальных ресурсов по секторам экономики	Экономический экологический	Эффективность экологичность
8.8 содействовать обеспечению надёжных и безопасных условий работы для всех трудящихся	8.8.1 производственный травматизм со смертельным исходом		Социальный Экономический	безопасность
Цель № 9 Создание стойкой инфраструктуры, способствующей всеохватной и устойчивой индустриализации на основе инновационных подходов – имеет непосредственное отношение к развитию транспортной системы как одного из важнейших элементов инфраструктуры экономики.				
9.1 развитие качественной, надёжной, устойчивой и стойкой инфраструктуры для поддержки экономического развития и благополучия человека, с особым вниманием к обеспечению недорогого и равноправного доступа для всех	9.1.2 объём пассажирских и грузовых перевозок в разбивке по видам транспорта	UN TST: транспортная работа грузового и пассажирского транспорта SLoCaT: • транспортная работа на основных направлениях в региональном и национальном масштабах; • сокращение доли порожних рейсов	экономический	Эффективность доступность

Продолжение таблицы 1

<p>9.2 к 2030 году существенно повысить уровень занятости в промышленности</p>	<p>9.2.1 добавленная стоимость создаваемая в обрабатывающей промышленности. В процентном отношении к ВВП на душу населения</p>	<p>UN TST: производственная занятость и её прирост SDSN: занятость в промышленности относительно общей занятости</p>	<p>Экономический социальный</p>	<p>эффективность</p>
<p>9.4 к 2030 году все страны в соответствии со своими возможностями должны модернизировать инфраструктуру и переоборудовать предприятия т. о., чтобы обеспечить устойчивость, эффективность использования ресурсов, применяя наиболее экологически чистые технологии</p>	<p>9.4.1. выбросы CO₂ на единицу добавленной стоимости</p>	<p>UN TST:</p> <ul style="list-style-type: none"> • удельная эмиссия CO₂; • удельная интенсивность использования энергии; • удельное использование материальных ресурсов потребления энергии; • выбросы «парниковых» газов по видам и по секторам экономики 		

Продолжение таблицы 1

Цель № 11 Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов				
<p>11.2 обеспечить равные возможности доступа к безопасной, недорогой, и экологически устойчивой транспортной системе для всех горожан, на основе повышения безопасности дорожного движения, в частности, расширения использования ОТ, обращая особое внимание на потребности уязвимых групп населения – людей с ограниченными возможностями, а также детей и пожилых людей</p>	<p>доля населения, имеющая удобный доступ к ОТ в разбивке по полу и возрасту</p>	<p>SDSN, SLoCaT: % населения, живущий не далее 500 м от ОТ, с временем ожидания не более 20 минут SLoCaT: доля домовладений не далее 500 м от ОТ, до которого можно добраться пешком или велосипедом UN TST, BOD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • процент населения, живущий не далее 500 м от ОТ, с временем ожидания не более 20 мин в городах с населением более 500 тыс.чел. • доля транспортных расходов в бюджете домохозяйств <p>UN TST: длина линий, в том числе и относительно количества жителей города, скоростного транспорта высокой вместимости (метро, LRT, BRT) в городах с населением более 500 тыс.чел. BOD: доля устойчивых перемещений (немоторизованных и на ОТ)</p>	<p>Экономический социальный</p>	<p>доступность</p>

Продолжение таблицы 1

<p>11.3 расширить масштабы открытой для всех и экологически устойчивой урбанизации и возможности для комплексного и устойчивого планирования населённых пунктов и управления ими</p>	<p>Соотношение темпов роста застройки и темпов роста населения</p>	<p>UN TST:</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие стратегии развития городов с населением более 100 тыс. чел; • связность УДС; • доля урбанизированной территории смешанного пользования <p>SDSN: доля общественных пространств в общей урбанизированной территории</p> <p>SDSN, BOD: потребление пространственных ресурсов относительно роста населения</p>	<p>Экономический социальный</p>	<p>Доступность эффективность</p>
<p>11.6 уменьшить удельное (на душу населения) неблагоприятное воздействие на городскую среду, обращая особое внимание на качество воздуха и объем образования различных видов отходов</p>	<p>Доля ТБО, которые регулярно собираются и надлежащим образом удаляются, в общей массе городских отходов</p> <p>Среднегодовой уровень содержания ТЧ (PM_{2,5}и/или PM₁₀) в атмосфере городов (в пересчёте на численность населения)</p>	<p>SDSN, BOD, UN TST:</p> <p>Доля твёрдых отходов, которые регулярно собираются и перерабатываются;</p> <p>UN TST:</p> <ul style="list-style-type: none"> • уровень загрязнения атмосферы PM_{2,5}и PM₁₀; • доля очищенных сточных вод 	<p>Экономический экологический</p>	<p>Эффективность экологичность</p>
<p>Цель №12 – обеспечение перехода к рациональным моделям производства и потребления</p>				

Продолжение таблицы 1

<p>12.2 добиться рационального освоения и устойчивого эффективного использованием природных ресурсов</p>	<p>Совокупные ресурсозатраты и ресурсозатраты на душу населения и в процентном отношении к ВВП</p>	<p>UN TST: индекс эффективности потребления воды; <ul style="list-style-type: none"> • доля расходов на ликвидацию нанесённого ущерба SDSN: индикаторы химического загрязнения природных сред</p>	<p>Экономический экологический</p>	<p>Эффективность экологичность</p>
<p>12.4 обеспечить устойчивое управления переработкой отходов, образовавшихся на всём жизненном цикле продукции, сопровождаемое снижением негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека при их утилизации</p>	<p>Образование опасных отходов на душу населения и доля обрабатываемых отходов в разбивке по видам обработки</p>	<p>UN TST: объём экотоксикантов и опасных отходов, подвергаемых экологически чистому управлению на всём жизненном цикле SDSN: потребление веществ, представляющих опасность для озонового слоя</p>	<p>Экономический экологический</p>	<p>Эффективность Экологичность, безопасность</p>
<p>12.5 существенно уменьшить объема отходов путём предотвращения их образования, их сокращению, переработке с последующим использованием</p>	<p>Национальный уровень переработки отходов, масса утилизированных материалов в тоннах</p>	<p>UN TST: образование отходов и уровень их рециклинга; <ul style="list-style-type: none"> • доля опасных материалов, использованных вторично </p>	<p>Экономический экологический</p>	<p>Эффективность экологичность</p>
<p>12.6 рекомендовать компаниям применять устойчивые методы производства и отражать информацию о рациональном использовании ресурсов в своих отчётах</p>	<p>Число компаний, публикующих отчёты о рациональном использовании ресурсов</p>	<p>UN TST: доля компаний, отчитывающихся об экологической устойчивости или включающих эту информацию в свою отчётность SDSN: доля компаний с публичной отчётностью по устойчивому развитию</p>	<p>Экономический Экологический социальный</p>	<p>Эффективность экологичность</p>
<p>12.8 обеспечить, чтобы люди располагали соответствующей информацией и сведениями об устойчивом развитии и образе жизни в гармонии с природой</p>	<p>Статус пропаганды устойчивого развития (включая просвещение по проблеме изменения климата)</p>	<p>UN TST: включение УР в образовательные программы; <ul style="list-style-type: none"> • инвестиции в экологическое образование </p>	<p>Экономический Экологический социальный</p>	<p>Эффективность экологичность</p>

Продолжение таблицы 1

Цель № 13 Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями				
13.2 включить меры реагирования на климатические изменения в государственные стратегии и программы действий	Наличие стратегии/плана противодействия изменениям и снижению выбросов парниковых газов	<p>SLoCaT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • топливная экономичность новых автомобилей; • выбросы чёрного угля от транспорта; • доля автомобилей с «нулевой эмиссией» <p>UN TST: наличие стратегии перехода к «низкоуглеродному» транспортному обслуживанию</p> <p>SDSN: экологический класс вновь приобретаемого подвижного состава</p>	Экологический	Экологичность

Отчёт Global Mobility Report 2017 проекта Sustainable Mobility for All предлагает достаточно полный перечень показателей удовлетворения основных критериев устойчивой мобильности: универсальная доступность, эффективность (экономическая и экологическая), безопасность и снижение негативного воздействия на окружающую природную среду. Таким образом, приведённый ниже набор показателей создавался для определения существующего положения по отношению к базовым ориентирам, целям и критериям устойчивости (строился сверху вниз).

Рассмотрим более подробно показатели, которые могут быть использованы при управлении устойчивым развитием ОТ в соответствии с критериями устойчивой мобильности, которыми являются: доступность, эффективность, безопасность и экологичность.

Доступность

Доступность транспортных услуг необходима для выполнения подцелей 9.1 и 11.2. Понятие доступности общественного транспорта сочетает, как аспект физической возможности воспользоваться этим сервисом, так и экономический аспект - доступность оплаты проезда для всех категорий пользователей, таким образом, доступность описывается как показателями, относящимися собственно к транспортной системе, так и показателями качества планирования землепользования и управления транспортным комплексом, а также экономическими показателями.

Параметры системы транспорта общего пользования:

- Плотность сети ОТ (км/км²);
- Парк автотранспорта общего пользования по видам (ОТ, такси, машины car-sharing, транспортные средства, осуществляющие нерегулярные перевозки);
- Число поездок на транспорте общего пользования (по видам);
- Пассажиропоток (по видам);
- Число остановок ОТ на км² площади города;
- Транспортная работа ОТ в машино-км (транспортное предложение ОТ)

Кроме того, применяются показатели качества транспортных коммуникаций и др. объектов транспортной инфраструктуры, оценённые в баллах (по видам транспорта).

Доступность общественного транспорта определяется показателем:

Доля населения, проживающего в зоне 500 метровой доступности от ОТ с 20 мин интервалом обслуживания.

Дополнительные показатели:

— средняя доля дохода жителя города, потраченная на удовлетворение потребностей в передвижениях;

— передвижения по видам (ОТ, немоторизованные передвижения, такси, car-sharing, личный автотранспорта);

— транспортная работа (пасс-км) по видам ОТ;

— средняя длина поездки на ОТ.

Транспортная доступность рабочих мест и городских сервисов:

Основной показатель – доля рабочих мест, до которых можно доехать за 1 час.

Дополнительные показатели:

— доступность ОТ для лиц, с ограниченными возможностями;

— сокращение процента женщин, которые опасаются за собственную безопасность при пользовании ОТ;

— количество городских сервисов, доступных для среднего горожанина общественным транспортом или немоторизованными передвижениями, ходьбой и ездой на велосипеде.

Кроме того, должны приниматься во внимание такие аспекты как:

— наличие геоинформационных систем, позволяющих спланировать поездку;

— анализ затрат-выгод от различных способов передвижения;

— уровень различия в доступности транспортных услуг для различного уровня дохода;

— показатели качества поездок – продолжительность поездки, уровень безопасности, комфортность.

Эффективность

В настоящее время отсутствует единое универсальное определение понятие эффективность и его интерпретация для транспортной сферы. Концепция устойчивой мобильности предполагает добиться эффективности во всех аспектах, включая эффективность использования ресурсов, как материальных, энергетических, пространственных и трудовых, так и финансовых. Кроме того, поскольку все критерии устойчивой мобильности взаимосвязаны, то эффективность может быть ещё и экологической (взаимосвязь с критерием экологичности).

Повышение эффективности является содержанием цели 7.3, кроме того, различные аспекты эффективности имеют отношение к подцелям 9.1, 9.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12с

Основным показателем является индекс связности, который отражает стоимость, время и надежность транспортных связей между регионами (в случае с городской

мобильностью – транспортные связи различных районов города, а также города и пригородов). Этот показатель, прежде всего, отражает степень интегрированности различных видов транспорта в единую систему, что позволяет использовать различные виды транспорта наиболее эффективно.

В качестве дополнительных показателей предлагается использовать соответствующие индексы по видам транспорта, многие из которых уже применяются в транспортной статистике. Однако для обеспечения выполнения всех четырёх критериев мобильности жителей города интермодальность и сбалансированность системы передвижений имеют особое значение. Увеличение связности сети маршрутов различных видов городского пассажирского транспорта независимо друг от друга может привести к избыточной плотности маршрутов ОТ, что приведёт к снижению эффективности всей системы, и, прежде всего к неэффективному использованию пространственных ресурсов. Это негативно отразится на таких аспектах устойчивой мобильности как экологичность и безопасность, хотя, возможно, улучшит доступность.

В качестве ещё одного дополнительного индикатора предлагается средний возраст парка транспортных средств. Следует учитывать тот факт, что транспортные средства различных видов транспорта имеют разную продолжительность жизненного цикла. Один и тот же возраст транспортных средств может предполагать различную степень их изношенности. Поэтому в данном случае более информативным будет именно показатель возраста транспортных средств по видам транспорта, а для сравнения использовать относительные показатели (отношение среднего возраста к длительности жизненного цикла). С одной стороны, увеличение среднего возраста транспортных средств указывает на более эффективное использование ресурсов, которые были затрачены при их производстве. С другой стороны на поддержание надлежащего состояния таких транспортных средств требуются бóльшие материальные ресурсы, чем для нового подвижного состава. Кроме того, необходимо учитывать, что чем старше транспортные средства, тем менее жёсткими были нормы по ограничению воздействий на окружающую среду при их функционировании, и, следовательно, более новый парк снижает локальные воздействия. Таким образом, необходим баланс между скоростью обновления парка и его расчётной продолжительностью жизни. Этот баланс может быть достигнут, если принимать во внимание затраты ресурсов, а также факторы негативного воздействия на окружающую природную среду на всех стадиях жизненного цикла: добычи и транспортировки ресурсов для конструкционных материалов, создания транспортных средств, их функционирования, обслуживания и утилизации.

Один из наиболее важных аспектов эффективности – эффективность потребления энергии, в проекте SuM4All предлагается такой показатель как потребление энергии на единицу ВВП, однако могут быть использованы и другие относительные единицы, например, потребление энергии на единицу транспортной работы. Учитывая также тот факт, что транспорт является одним из основных потребителей углеводородного топлива, предлагается рассматривать и такой показатель эффективности как среднее потребление моторного топлива (в пересчёте на бензин) на 100 км пробега. Этот показатель характеризует скорее парк автотранспорта, поэтому для управления эффективностью использования моторного топлива автотранспортом общего пользования более информативным представляется такой показатель как потребление моторного топлива на единицу транспортной работы (в случае ОТ – на пасс/км).

В качестве дополнительных показателей предлагается использовать также объём транспортной работы по видам транспорта.

Безопасность

Безопасность определяет, прежде всего, выполнение цели 3.6, а также движение в направлении таких целей устойчивого развития как 9.1, 11.2., 11.7. Основным показателем безопасности городского транспорта является количество смертей и увечий в результате ДТП или социальный риск погибнуть или получить тяжкий вред здоровью (количество случаев на 100 тыс. человек). Однако в своём Докладе о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015 ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) отмечает, что в различных странах подход к сбору соответствующей информации существенно отличается друг от друга. В идеале при сборе информации о количестве смертей в результате ДТП должны учитываться и отложенные смерти, т.е. смерти от травм, полученных в результате ДТП, а такая статистика часто не ведётся. Тяжкий вред здоровью, полученный в ДТП, ещё более неопределённое понятие. В странах ЕС для этой цели используется индекс MAIS3+, т.е. оценка вреда здоровью по шкале AIS – Abbreviated Injury Scale в баллах от 3 и выше (всего 1-6).

Кроме этого показателя предложены также аналогичные показатели для всех способов передвижений и видов транспорта (начиная с двухколёсного).

В качестве относительных показателей рассматриваются:

- количество смертей и/или увечий на миллион пасс/км;
- количество смертей и/или увечий на миллион пасс/часов.

Кроме того, в качестве дополнительных показателей предлагается использовать такие показатели как:

- доля передвижений, осуществляемых на наиболее безопасных видах транспорта (ОТ, рельсовый транспорт, BRT);

- соотношение увеличения социального риска при пользовании немоторизованными видами транспорта и увеличения числа передвижений, совершаемых таким способом;

- доля инфраструктуры и транспортных средств, соответствующих стандартам безопасности.

Безопасность инфраструктуры определяется с учётом потенциала предотвращения последствий прогнозируемых ошибок человека, что создаёт условия низкого риска для всех участников дорожного движения. Международная программа обеспечения безопасности дорожного движения iRAP (the International Road Assessment Programme) на основании 50 различных аспектов, влияющих на вероятность ДТП и тяжесть его последствий (дизайн перекрёстков, дорожная разметка, обочина, пешеходные дорожки и велосипедные дорожки, островки безопасности и т.д.) относит автодороги к одному из 5 классов безопасности, присваивая соответствующее количество звёзд от одной - наименее безопасная дорога до 5 – наиболее безопасная автодорога. [18]

Безопасность транспортных средств определяет ударопрочность транспортных средств и имеющийся у них потенциал для предотвращения столкновений. При этом базовый минимальный стандарт безопасности предусматривает, в частности:

- в отношении лобового и бокового ударов – защиту пассажиров и гарантия, что автомобили выдержат удар при лобовом и боковом столкновении в случае проведения испытаний при определенных скоростях

- электронный контроль устойчивости – предотвращение заносов и потери управления в случаях избыточного или недостаточного поворачивания;

- меры по защите пешеходов – использование более мягких бамперов и модификацию передней части автомобилей (например, снятие чрезмерно жестких конструкций) с целью уменьшить силу удара при наезде на пешехода. [19]

Снижение тяжести последствий ДТП может также быть обеспечено своевременным оказанием медицинской помощи пострадавшим в ДТП. Таким образом, в качестве дополнительных показателей используются такие, как:

- наличие системы комплексного оказания экстренной догоспитальной и стационарной медицинской помощи;

- наличие системы обучения сотрудников всех служб, которые первыми прибывают на место аварии, базовым навыкам оказания экстренной;

— доля населения, обладающего знаниями по мерам реагирования неотложного реагирования.

Эти показатели относятся к более высоким уровням управления, однако для ОТ можно рассматривать наличие системы обучения персонала транспорта навыкам оказания первой медицинской помощи. С точки зрения управления транспортным комплексом города важным показателем также является наличие программ по обеспечению безопасности движения на уровне города и систем управления безопасностью в компаниях-операторах ОТ.

Экологичность (green mobility)

Снижение воздействия транспорта на городскую среду является важным фактором достижения целей 3.4, 3.9, 9.1, 9.4, 11.2, 11.6, реализация цели 12.7 на муниципальном уровне будет способствовать этому. Снижение выбросов климатических газов транспортом отвечает целям 13.1, 13.2. Кроме того, устойчивое управление отходами транспортного комплекса города способствует достижению цели 12.5.

Понятие экологичность (в применении к передвижениям - «зелёная» мобильность) в настоящий момент не имеет общепринятого определения, во многом в силу своей сложности и многоаспектности. Ограничение негативных воздействий транспортной деятельности на окружающую природную среду как на региональном так и на планетарном уровне предполагает не только снижение выбросов отработавших газов в процессе движения. Эффективное потребление всех видов ресурсов транспортным комплексом города позволяет снизить интенсивность негативных воздействий во всём жизненном цикле моторного топлива и других материалов, причём система экологически устойчивого управления отходами транспортного комплекса, позволяющая подвергать рециклингу значительную часть этих отходов является важнейшим фактором обеспечения эффективности использования природных ресурсов. Таким образом, показатели эффективности использования ресурсов относятся не только к критерию эффективность, но и к экологичности передвижений. В документах по показателям устойчивой мобильности к критерию экологичность, как правило, относят только показатели, связанные с глобальными воздействиями – выбросами «климатических» газов, а также с шумовым воздействием на людей, уровень которого создаёт угрозу их здоровью.

Основными показателями при такой трактовке понятия экологичности являются:

— объём выбросов «климатических» газов в CO₂ эквиваленте или удельные выбросы (на единицу транспортной работы в тонно- или пассажиро/км);

— количество смертей от болезней, вызванных загрязнением воздушной среды от транспорта;

— доля населения подвергающегося шумовому воздействию свыше 55 дБ в дневное и 40дБ в ночное время.

В качестве дополнительных индикаторов рассматриваются также относительные величины выбросов от транспорта в CO₂ эквиваленте (кг/на \$ ВВП или ВРП). Кроме того, предлагается также оценивать загрязнения воздуха твёрдыми частицами PM_{2,5} и/или PM₁₀, как загрязнителей, представляющих наибольшую угрозу здоровью жителей города. Также рассматриваются выбросы таких загрязнителей как NO_x, SO_x, и ЛОС (летучих органических соединений). Относительно шумовых воздействий рассматриваются такие показатели как средний уровень шума на внутригородских территориях, средний и наибольший уровень шумового воздействия транспортных средств с учётом всех возможных условий эксплуатации. Эти показатели важны для более высокого уровня управления. Однако они могут быть применены, при условии вычисления средневзвешенных оценок с учётом вклада различных видов транспорта. Ясно, что для определения интенсивности негативных воздействий от транспорта, прежде всего, необходимо определять эти показатели на территориях, находящихся в зоне влияния транспортных коммуникаций

Предлагаются также дополнительные индикаторы, имеющие отношение к различным аспектам состояния транспортной системы, транспортной деятельности и транспортной политики, такие как:

- доля «низкоуглеродных» транспортных средств в общем числе вновь приобретаемых;
- доля использования альтернативных источников энергии;
- доля транспортных средств, удовлетворяющих жёстким стандартам по выбросам (в том числе выбросов оксидов серы ULSD –ultra low sulphur diesel).

Следующая группа показателей иллюстрирует, насколько успешно реализуются стратегии «Избегать необязательных перемещений» и «Переходить на наиболее экологичные способы передвижения», и имеют отношение к устойчивости планирования землепользования в городах, т.е. относятся к более высокому уровню управления

Следующая группа показателей относится к цели 13.1 – противодействие природным катаклизмам и адаптация к климатическим изменениям:

- количество инцидентов на транспорте (в т.ч. на ОТ), связанных с плохими погодными условиями и/или природными катаклизмами;
- потери времени и/или ВВП, вызванные связанными с природными явлениями задержками в транспортном обслуживании;

— доля заново создаваемой транспортной инфраструктуры (в т.ч. ОТ), устойчивой к климатическим изменениям и природным катаклизмам.

Для использования в процессе управления устойчивой городской мобильностью из этого набора показателей могут быть выбраны те, которые наилучшим образом соответствуют потребностям систем управления в различных городах с учётом местных или национальных особенностей.

Экспертная фирма ARCADIS, привлекаемая программой UN-Habitat ООН совместно с CEBR (Centre for Economics and Business Research) разработали Sustainable Cities Mobility Index – систему показателей устойчивой городской мобильности для того, чтобы оценить результат усилий, направленных на обеспечение устойчивости городских передвижений. [20] Показатели относятся к трём аспектам устойчивого развития – people (люди, т.е. социальный аспект), profit (преуспевание, т.е. экономический аспект), planet (планета, т.е. экологический аспект), то есть система показателей также строится сверху вниз – для базовых ориентиров устойчивого развития разработаны показатели, описывающие роль транспорта в достижении этих ориентиров.

People:

— число смертей в ДТП на 100 тыс. человек (описывает безопасность функционирования транспорта, в т.ч. и ОТ);

— число остановок ОТ на км² (доступность и эффективность ОТ);

— Доля перемещений, совершаемых на ОТ (более устойчивое транспортное поведение);

— Wi-Fi в метро (2-g, 3-g, 4-g) (привлекательность ОТ);

— год последнего существенного расширения маршрутной сети магистральных видов транспорта (новые ветки или новые станции) (совершенствование ОТ);

— доля подвижного состава и остановок ОТ, доступных для пассажиров с ограниченными возможностями (доступность ОТ);

— отображение маршрутной сети в Google map, интернет-сервисы, созданные органами управления городским общественным транспортом, системы электронной оплаты проезда (информационное управление транспортным поведением);

— пассажиропоток аэропортов (взаимодействие городской транспортной системы с транспортными системами более широкого охвата);

— количество дней в неделю с круглосуточной доступностью метро (доступность ОТ и его эффективность).

Индикаторы иллюстрации прогресса в достижении экологических целей устойчивого развития – Planet:

- выбросы «климатических газов» в CO₂-эквиваленте на душу населения;
- соотношение времени одной и той же поездки в «час пик» и в другое время (эффективность транспортной системы и адаптируемость к различным условиям функционирования);
- уровень загрязнения атмосферы твёрдыми частицами (PM_{2,5} и PM₁₀);
- существование городских зон с ужесточёнными требованиями по выбросам (LEZ – Low Emission Zones) (снижение негативного воздействия на городскую среду);

Обеспечение благосостояния – индикаторы Profit:

- среднее время перемещения, в т.ч. на ОТ (эффективность транспортной системы);
- доход от транспортной деятельности по отношению к муниципальным расходам на транспорт (экономическая эффективность транспортной системы);
- доля расходов на транспорт в т.ч. на ОТ в бюджете города (экономическая эффективность транспортной системы);
- доля затрат на транспортные расходы в бюджете семьи (доступность транспортных сервисов для всех слоёв населения);
- среднее число поездок на ОТ на душу населения (эффективность функционирования системы ОТ).

Очевидно, что разделение на три группы является достаточно условным, поскольку большинство индикаторов могут быть отнесены сразу к нескольким группам. Показатели эффективности транспортной системы относятся не только к аспекту Profit, но и к Planet. Так, например, показатель задержки перемещения из-за «плотного» движения отнесён авторами к аспекту Planet, поскольку при «плотном» движении возрастает потребление моторного топлива и, следовательно, и выбросы экотоксикантов. Показатель перемещений, совершаемых на ОТ, может быть отнесён ко всем аспектам. Прежде всего, он иллюстрирует модель транспортного поведения, которая зависит не только от доступности ОТ, но и от общего уровня экологической культуры, позволяющего использовать различные виды ресурсов более эффективно и, тем самым, снижать уровень негативного воздействия на среду.

Рассмотрим ещё один набор индикаторов, основанный на рекомендациях Всемирного совета устойчивому развитию (World Business Council for Sustainable Development) – подход, представленный проектом «Устойчивая мобильность 2.0»

(WDCSD Sustainable Mobility Project 2.0). [21, 22] Этот набор индикаторов отвечает следующим аспектам устойчивого развития применительно к устойчивой мобильности:

- окружающая природная среда в глобальном смысле;
- экономическое процветание;
- качество жизни;
- обеспечение передвижений.

Таким образом, кроме экологического, экономического и социального аспекта учитываются также особенности организации передвижений в крупных городах, обеспечивающих устойчивую городскую мобильность. По мнению создателей, данный набор показателей позволяет:

- оценить устойчивость мобильности в каждом конкретном случае;
- выбрать наиболее эффективные способы решения проблем;
- оценить прогресс в движении к устойчивой мобильности.

Индикаторы обоснованы концептуально и нейтральны по отношению к применяемым технологиям.

Таким образом, выбраны 19 показателей, относящихся к различным аспектам устойчивого развития, и разработаны формулы для вычисления значений этих показателей. Ниже приведён полный список показателей, а также информация о том, с учётом каких параметров они вычисляются (для тех показателей, которые могут быть использованы для управления устойчивой мобильностью ОТ):

- доступность пользования ОТ для низкооплачиваемых групп населения (вычисляется с учётом количества передвижений на различных видах транспорта, стоимости этих передвижений и среднего дохода 25% наиболее низкооплачиваемого населения);
- доступность передвижений для людей с ограниченными возможностями (определяется по порогам целевых групп населения);
- загрязнения воздушной среды (вычисляется как выброс в NO_x -эквиваленте/душу населения с учётом различных типов транспортных средств, применяемых источников энергии для движения, класса экологичности и энергоэффективности транспортных средств);
- шумовые загрязнения (вычисляются на основании измерений, проводимых в различных точках с учётом плотности населения, дневного или вечернего времени);
- смертельные случаи в ДТП (на 100 тыс. человек);

- доступность транспортного обслуживания (с учётом расстояния не более 800 м до станций метро, городской электрички и станций car-sharing и не более 400 м до остановки автобуса или трамвая, велопроката);
- качество общественных пространств;
- многоцелевое землепользование;
- скорость сообщения (учитываются поездки с деловыми целями);
- экономические возможности;
- финансирование транспорта (доходы – расходы/ ВРП);
- использование городского пространства для передвижений;
- выбросы «климатических» газов (в CO₂-эквиваленте/душу населения с учётом WTW-выбросов по видам транспортных средств, используемого топлива, класса экологичности и энергоэффективности транспортных средств;
- время, потраченное на «пробки» (с учётом классификации улиц и видов транспорта);
- эффективность использования энергии (удельное потребление на пасс/км);
- возможность «активной» мобильности;
- мультимодальная интеграция (по опросам целевых групп населения, а также параметрам транспортной системы количество и качество ТПУ, организация движения и т.п.);
- комфортность передвижений (по опросам целевых групп населения);
- безопасность (как риск подвергнуться нападению при пользовании ОТ).

Для наглядного представления результатов оценки по данному набору показателей используется качественная радар-диаграмма.

Это набор показателей не использует разделение на способы передвижения напрямую, но учитывает этот фактор при вычислении выброса климатических газов и других загрязнителей. Так реализуется один из принципов выбора показателей – нейтральность к применяемым технологиям. Для оценки общего уровня городской мобильности такой подход может быть применён, однако для управления устойчивым развитием системы городского ОТ необходимо вводить показатели, соответствующие каждому конкретному виду транспорта, а для агрегирования оценок необходимо учитывать, какую транспортную работу выполняет каждый из видов транспорта.

На основании анализа вышеперечисленных оценочных систем фирма McKinsey&Company, штаб квартира которой находится в Москве, разработали свою систему оценки влияния функционирования транспортной системы города на качество

жизни его жителей. [23] Показатели этой системы разбиты на 5 групп физическая доступность, финансовая доступность, эффективность, удобство, безопасность и устойчивое развитие, то есть критерий – Доступность – разделён на две составляющие – финансовая доступность и физическая доступность, а критерий – экологичность (Green mobility) – заменён устойчивым развитием. Следует отметить, что все остальные критерии также являются составляющими понятия устойчивое развитие, поэтому речь идёт, по-видимому, об экологических аспектах устойчивого развития. Проанализируем данные группы показателей с особым вниманием к тем показателям, которые могут быть использованы или преобразованы для оценки устойчивости развития городского общественного транспорта.

Физическая доступность определяется такими показателями как:

- доля населения проживающего на расстоянии не более 1 км от метро или городской электрички (не учитываются другие виды транспорта, при том, что показатель доступности есть в общей системе показателей достижения целей устойчивого развития);
- доля рабочих мест, расположенных также;
- индекс качества УДС;
- индекс связности пешеходной инфраструктуры (важный показатель, поскольку описывает, в том числе, и доступность ОТ).

Кроме того, система содержит показатели поощрения велопередвижений, доступность каршеринга и внешнюю связность городской транспортной системы.

Финансовая доступность описывается соотношением стоимости двухчасовой платной парковки и среднего дохода населения, стоимостью проезда в такси на 1 км по отношению к среднему размеру доходов, а также показателями мер по дестимулированию передвижения на личном автотранспорте. Финансовая доступность ОТ определяется следующими показателями:

- отношение стоимости месячного проездного на ОТ к среднему размеру доходов населения (поскольку концепция устойчивого развития предполагает равные возможности для всех, то аналогичный показатель для низкодоходных слоёв населения был бы более релевантным);
- количество льготных категорий пассажиров (более показателен процент льготников в общем объёме пассажиропотока).
- физическая доступность, финансовая доступность, эффективность, удобство, безопасность и устойчивое развитие.

Эффективность разделена на эффективность личного автотранспорта и эффективность ОТ и определяется только показателями эффективности функционирования транспортной системы и не содержит показателей экологической эффективности, эффективности потребления энергии и экономической эффективности. Некоторые показатели для личного автотранспорта вполне могут быть применены и для наземного ОТ. Это такие показатели как:

- индекс загруженности дорог: продолжительность поездки в ЧП по сравнению со свободными дорогами;

- индекс предсказуемости времени в пути в утренний ЧП: среднеквадратичное отклонение, оцениваемое с помощью моделирования.

Эффективность ОТ оценивается следующими показателями:

- средняя скорость перемещения на ОТ в утренний ЧП (более релевантен показатель среднего времени сообщения, поскольку учитывается и время, затраченное на ожидание и посадку в транспортное средство, кроме того он более приближен к качеству жизни, учитывая неэффективные потери времени)

- среднее время ожидания наземного транспорта;

- доля выделенных полос для движения ОТ в общей протяженности УДС.

Удобство пользования транспортной системой определяется комфортностью, удобством оплаты проезда; развитостью электронных сервисов, связанных с транспортными услугами, а также интермодальностью системы. Для оценки комфорта используются такие показатели как:

- средний возраст подвижного состава метрополитена (аналогичные показатели для других видов транспорта не используются, поскольку они являются несравнимыми из-за различной длины жизненного цикла);

- количество рабочих часов в неделю для различных видов ОТ;

- доля автобусов и станций метрополитена, доступных для мало мобильных граждан (не учитываются другие виды ОТ, в т.ч. и наземный электротранспорт).

Удобство оплаты определяется наличием универсальной транспортной карты и различными возможностями её пополнения, а также её использованием для оплаты других услуг. Доступность информационных сервисов определяется возможностью использования интернета в ОТ, а также наличием информации в режиме реального времени. При этом не учитывается доступность информации, полученной без помощи мобильных сервисов на остановках и внутри транспортных средств, что также определяет равенство возможностей для всех групп населения.

Интермодальность определяется следующими параметрами:

- средним расстоянием от станции метро до трёх ближайших остановок наземного транспорта;
- средним временем пересадки с одного вида транспорта на другой;
- наличием единой транспортной навигации.

Показателями безопасности являются:

- число погибших в ДТП на 1 млн. чел в год;
- число погибших на ОТ на 1 млн. чел в год;
- индекс исполнения правил безопасности.

Не учитывается риск подвергнуться нападению на объектах транспортного комплекса города, а также риск получить увечье в результате ДТП, имеющий не меньшую значимость как для социальной сферы, так и для экономической.

Показателями экологической безопасности являются следующие:

- общее время эксплуатации личного автотранспорта на 1 км² городской территории, количество машино-часов в неделю (на основании этого показателя вычисляются выбросы «климатических газов», но одного этого недостаточно для определения количества выбросов);
- действующие стандарты дизельного и бензинового топлива (во многом определяют выбросы «климатических газов» и других нормируемых загрязнителей, но только стандартов для этой цели недостаточно);
- средний возраст автомобилей на дорогах;
- доля электромобилей в общем объеме продаж автомобилей (не учитываются другие альтернативные источники энергии).

Следует отметить отсутствие показателей шумового воздействия, а также показателей качества атмосферного воздуха в зоне влияния автомагистралей, которые необходимы для определения негативного вклада транспорта в обеспечение качества жизни жителей города.

Показатели удовлетворённости жителей текущим положением дел и произошедшими изменениями в транспортной системе, определяемые на основании опросов населения тоже включены в анализируемую систему индикаторов.

Другой взгляд на методологию оценки устойчивой мобильности предлагает Проект I_MUS (Index of sustainable urban mobility), разработанный на основе опыта крупнейших городов и городских агломераций Бразилии. [24] Он также представляет всесторонний взгляд на обеспечение устойчивой городской мобильности и предлагает использовать

систему показателей, разбитых на 9 групп, в которые включены 37 аспектов, обеспечивающих устойчивую мобильность. Однако в данном случае система показателей строится на основании изучения влияния различных аспектов мобильности на социальную, экономическую и экологическую составляющую устойчивого развития. То есть показатели определены, прежде всего, не для оценки удовлетворения целей устойчивого развития, а для оценки реализации различных способов достижения этих целей, а значит, этот набор существенно зависит от выбора стратегии достижения целей устойчивого развития и не является нейтральным по отношению к выбору способов передвижения.

Для вычисления единого показателя – индекса устойчивой городской мобильности применяется аддитивная свёртка нормализованных показателей с учётом весов аспекта и группы, к которой эти показатели находятся. Веса определены с помощью экспертных оценок с привлечением специалистов не только из стран Латинской Америки, но и других частей света. Рассмотрим более подробно набор показателей, обращая особое внимание на экологические, эколого-социальные и эколого-экономические группы показателей, которые могут быть использованы для управления устойчивым развитием системы городского ОТ.

1-ая группа показателей отражает доступность транспортного обслуживания для мало мобильных групп населения, соответственно показатели оценивают доступность общественных пространств, а также различных объектов транспортной инфраструктуры. 2-ая группа показателей относится к оценке воздействия транспорта на городскую среду и глобальное воздействие. Эта группа разделена на две темы: ограничение загрязнений от транспорта (учитывая, в том числе, шумовые загрязнения) и снижение объёма использования природных ресурсов. Индикаторы первой темы должны оценивать являются выбросы CO и CO₂, долю населения, подвергаемого сверхнормативным шумовым воздействиям, а проводимые оценивать исследования негативных воздействий. Индикаторы второй темы оценивают потребление моторного топлива и других энергоносителей.

Социальные аспекты, такие как доступность информации, вовлечённость жителей города в процесс принятия политических решений по управлению транспортным комплексом, обеспечение равных возможностей для всех горожан не зависимо от уровня дохода, качество жизни и образование для устойчивого развития, относятся к 3 группе. Политические аспекты, такие как интеграция различных уровней управления, городская политика мобильности, финансирование транспортной системы составляют 4 группу.

Пятая группа показателей относится к транспортной инфраструктуре и разделена на предоставление транспортных сервисов и обслуживание транспортной инфраструктуры, а также распределение транспортной инфраструктуры. К первой теме относятся показатели плотности УДС, оценка систем регулирования движения транспортных потоков, расходы на обслуживание транспортной инфраструктуры. Ко второй – линии скоростного городского транспорта.

6-ая группа содержит показатели развития немоторизованных видов передвижений и, соответственно, разделена на велосипедные и пешеходные передвижения и снижение общего количества передвижений. Данная группа показателей имеет лишь косвенное отношение к управлению развитием ОТ.

7-ая группа показателей относится к интеграции планирования землепользования и планирования мобильности. Эта группа показателей представляет более высокий уровень управления устойчивым развитием города.

8-ая группа предназначена для оценки движения транспортных потоков. Тематиками являются – ДТП, свободное движение, управление транспортными потоками и личные автомобили. Для первой группы введены показатели числа ДТП, ДТП с пешеходами и велосипедистами и предотвращение ДТП, для второй – «пробки» и средняя скорость движения потока, к третьей теме относятся показатели обеспечения выполнений ПДД к четвёртой – уровень автомобилизации и заполнение личного автотранспорта. Показатели четвёртой темы находятся также на более высоком уровне управления, а показатели 1-3 тем должны быть модифицированы для использования в управлении системой ОТ. Так, например, может быть рассмотрен такой показатель, как соотношение скорости движения потока и скорости движения ОТ, который будет иллюстрировать меры по управлению транспортными потоками, направленные на стимулирование ОТ.

Все темы 9 группы относятся непосредственно к городской транспортной системе. Это доступность и качество городского ОТ, мультимодальность, управление городским ОТ, взаимодействие видов транспорта и оплата проезда. Первая тема описана такими показателями как транспортная работа, средняя скорость и частота сообщения, возраст парка транспортных средств, удовлетворённость пользователей, охват территории сетью ОТ. Показатели второй темы - разнообразие видов транспорта, автомобили общего пользования, разделение передвижений на моторизованные и немоторизованные. Третья тема описана показателями наличия лицензирования компаний, предоставляющих транспортные услуги ОТ, заключаемыми контрактами на обслуживание линий ОТ, а также неорганизованным транспортом, четвёртая – наличие ТПУ (транспортно-пересадочных узлов) и уровень интеграции различных видов ОТ. К показателям политики

оплаты проезда относятся городские субсидии на ОТ, льготный или бесплатный проезд, оплата передвижений различными видами транспорта в одной поездке.

Очевидно, что для управления устойчивым развитием ОТ наиболее важными являются показатели 1-5, а также 8 и 9 групп, поскольку интеграция транспортной планирования и планирования землепользования находится на более высоком уровне управления, а обеспечение немоторизованных передвижений относится к управлению ОТ только в части доступности остановок различных видов транспорта. При определении конкретных показателей надо учитывать специфику различных видов ОТ, хотя они и должны являться частью всей системы показателей.

Проект CIVITAS 2020 (cleaner and better transport in cities) также представляет достаточно полную систему показателей по девяти различным направлениям совершенствования транспортной системы и, следовательно, также строится снизу вверх – т.е. от направлений совершенствования городской мобильности к обеспечению достижения целей устойчивого развития. Однако в отличие от проекта I_MUS он предлагает точное определение показателя, определяемого однозначно и не предоставляет возможности оценить какой либо аспект с помощью того показателя, который наиболее удобен для каждого конкретного города. Однако именно однозначное определение показателя необходимо для сравнения различных городов, тогда как большая свобода в выборе представляется значительно более удобной в случае применения показателя для управления устойчивой мобильностью в каждом конкретном случае. Поскольку в этом случае сравнивают не разные объекты, а разные состояния одного и того же объекта в процессе его совершенствования. Рассмотрим более подробно те показатели CIVITAS 2020, которые имеют отношение к устойчивому развитию ОТ.

- 1) Транспортное поведение:
 - Доля различных видов передвижений в их общем количестве (modal split)
 - Расстояние, на которое совершается передвижение и его продолжительность для различных способов передвижения.
- 2) Доступность:
 - Плотность транспортных коммуникаций (land use);
 - Доступность основных сервисов;
 - Расстояние от дома до ближайшей остановки общественного транспорта.
- 3) Скорость и безопасность:
 - Скоростной профиль движения транспортных средств;

— Количество людей, умерших или получивших серьёзный вред здоровью в ДТП.

4) Общественный транспорт:

— Транспортное обслуживание на душу населения;

— Стоимость проезда в общественном транспорте;

— Соотношение скорости передвижения общественного транспорта и личного автотранспорта в часы «пик»;

— Надёжность общественного транспорта.

5) Легковые машины и парковки:

— Количество car-sharing и станций, где ими можно воспользоваться (на чел.).

6) Социальный эффект (качество жизни):

— Удовлетворённость жителей города транспортным обслуживанием;

7) Экологический эффект:

— Выбросы личного автотранспорта в CO₂-эквиваленте может быть заменён на выбросы ОТ);

— Загрязнение твёрдыми частицами;

— Загрязнение NO;

— Шум от транспорта.

Последние три показателя могут быть рассмотрены не для всей территории города, а для зон влияния транспортных коммуникаций.

Предложенные индикаторы были оценены по следующим критериям:

— соответствие одному или более аспектам устойчивого развития (экономический, экологический, социальный);

— репрезентативность для всех видов перемещений, включая пешие, велосипедные, передвижения на общественном транспорте и на личном автотранспорте;

— соответствие показателям, используемым в настоящее время;

— простота сбора данных и процедуры вычисления индикатора, предпочтительно – использование стандартных методик расчёта;

— применимость в процессе городского планирования, в частности в процедуре принятия решений о распределении финансирования;

— соответствие отчётности по ключевым целям транспортной политики в городах Европы, таким как снижение выбросов «климатических газов», переход на альтернативные энергоносители, повышение уровня безопасности; снижение количества заторов; использование интеллектуальных транспортных систем.

В результате ранжирования по критериям список индикаторов был уменьшен до одного индикатора в каждой категории и таким образом получен сокращённый список показателей, приведённый в таблице 2.

Таблица 2 – Наиболее важные индикаторы по категориям устойчивого развития ОТ

Группа показателей	Наиболее важный показатель
Транспортное поведение	Доля различных видов передвижений в их общем количестве (modal split)
Доступность	Плотность транспортных коммуникаций (land use)
Скорость и безопасность	Количество людей, умерших или получивших серьёзный вред здоровью в ДТП
Пешеходные передвижения:	Доступность общественных пространств
Передвижения на велосипеде	Степень развитости сети велодорожек
Общественный транспорт	Транспортное обслуживание на душу населения
Легковые машины и парковки	Количество зарегистрированных единиц автотранспорта
Социальный эффект (качество жизни)	Удовлетворённость жителей города транспортным обслуживанием
Экологический эффект	Выбросы личного автотранспорта в CO ₂ -эквиваленте

Выбранные индикаторы были чётко описаны (определение, для какой цели служит данный индикатор, каким образом должны быть собраны данные и какова процедура вычисления), после чего системы показателей были протестированы в нескольких городах (Эдинбург, Копенгаген, Париж, Лион, Штутгарт и Цюрих). [25].

Система показателей CIVITAS CAPITAL содержит как показатели, описывающие состояние транспортной системы, существующую модель транспортного поведения жителей города, доступность различных видов транспорта, так и показатели воздействия на социальную и городскую природную среду. Однако в ней не уделено должное внимание эффективности работы транспортной системы ни с точки зрения экономического аспекта устойчивого развития, ни с точки зрения его экологического аспекта. Разделение всех передвижений по их видам может использоваться как показатель эффективности использования пространственных ресурсов, хотя следует отметить, что поскольку различные виды транспорта имеют различную эко-эффективность, данный индикатор косвенно иллюстрирует экологическую эффективность транспортной системы.

Для сравнения устойчивости транспортных систем разных городов мира и составления их рейтинга используются более компактные системы индикаторов устойчивой мобильности (именно поэтому список показателей проекта CIVITAS был сокращён). Рассмотрим ещё несколько наборов показателей, которые используются для сравнения различных городов.

Arthur D. Little's Urban Mobility Index 2.0 использует 19 показателей, в соответствии с которыми были оценены 84 города мира.[26] Причём критерии разделены на характеристики самой транспортной системы и на её воздействие, оказываемое на сферы жизни города. Рассмотрим наиболее важные из них, прямо относящиеся к ОТ, а также прокомментируем те, которые могут быть применены для управления системой городского ОТ:

- финансовая привлекательность ОТ (соотношение стоимости проезда на ОТ и личном автотранспорте 5 км в центральной части города; стоимость поездки на 5 км в ОТ);

- доля ОТ в городской мобильности (доля передвижений, совершаемых на ОТ, с учётом рабочих и выходных дней, а также различных целей поездок);

- плотность транспортных коммуникаций (отклонение от оптимальной величины – в центральной части 11 км/км², в пригороде 3.7 км/км², в остальных частях города 7,35 км/км²). В случае применения для управления развитием ОТ необходимо учитывать плотность коммуникация для ОТ;

- плотность населения в агломерации (разницу в плотности центральной части и остальных частей города). Для управления устойчивым развитием ОТ важнейшим показателем является плотность населения вблизи линий ОТ, а также связанный с этим показатель количества пассажиров ежедневно въезжающих в центр города;

- распространённость смарт-карт для оплаты проезда в ОТ (кол-во карт на душу населения):

- частота обслуживания ОТ (для всех видов ОТ и для различных городских территорий);

- доля транспортных выбросов в общем объеме выбросов «климатических» газов. Для ОТ может быть использован и такой показатель как доля выбросов «климатических» газов ОТ от общего объема выбросов транспорта;

- средне арифметическое по всем измерительным станциям уровня концентрации NO₂ и PM₁₀ (можно сравнить с со средневзвешенным с учётом влияния транспортных потоков);

- количество смертей в ДТП (можно - количество смертей в ДТП с ОТ);
- увеличение доли поездок на ОТ;
- среднее время перемещения до рабочего места (снижение или увеличение времени при использовании ОТ);
- доля пользователей моторизованных транспортных средств среди жителей города (доля пассажиров ОТ).

В системе показателей, собираемых EUROSTAT, есть специальный раздел – «Travel and Transport», содержащий 9 показателей, относящихся к различным аспектам деятельности городского транспорта [27]:

- стоимость единого месячного абонемента, дающего возможность совершать поездки на общественном транспорте в пределах 5-10 км. зоны в центральной части города;
- количество ДТП со смертельным исходом (на 100 тыс. жителей);
- стоимость поездки на такси в дневное время в пределах 5 км зоны центральной части города;
- количество личного автотранспорта (на тыс. жителей);
- протяжённость сети автобусных маршрутов;
- количество людей въезжающих и выезжающих ежедневно в центральные части городов;
- разделение поездок «трудовых» поездок по видам передвижений;
- среднее время «трудовой поездки»;
- среднее расстояние «трудовой» поездки.

Данные показатели описывают различные параметры транспортной системы, а также её безопасность и доступность, и таким образом, имеют отношение к экономическим и социальным аспектам устойчивого развития, и не описывают воздействие транспортной системы на городскую среду, а также не затрагивают напрямую такого важного аспекта, как эффективность потребления природных ресурсов транспортной системой. Хотя разделение трудовых поездок по способам передвижения описывает транспортное поведение и может служить показателем при оценке деятельности, направленной на переключение пассажиропотока на более устойчивые способы передвижения. Кроме того, данный показатель описывает эффективность использования пространственных ресурсов, поскольку известно, что для организации немоторизованных передвижений, а также для передвижения на общественном

транспорте требуются значительно меньшая часть общественного пространства, чем для пользования личным автотранспортом.

В разделе «Землепользование» предлагается также использовать такой показатель как процент площади города, занятый транспортной инфраструктурой. Кроме того, предлагаются следующие показатели качества воздуха и уровней шума, которые во многом определяются транспортной деятельностью:

- количество дней в году с превышением концентрации PM_{10} (выше 50 мг/м^3);
- количество часов с превышением концентрации NO_2 (выше 200 мг/м^3);
- среднегодовые концентрации NO_2 ;
- среднегодовые концентрации PM_{10} ;
- среднегодовые концентрации $PM_{2,5}$.

В разделе «Здоровье» предлагается также показатель, связанный с уровнем загрязнения воздуха и шумовым воздействием – количество смертельных случаев в год до 65 лет, связанных с болезнями дыхательной или сердечнососудистой систем. Поскольку транспорт, как правило, является основным загрязнителем воздушной среды крупных городов и одним из основных источников шума, этот показатель также как и показатели качества воздуха иллюстрирует степень негативного воздействия транспорта на городскую среду и здоровье горожан.

Показатели, относящиеся к разделу транспорт, используемые для сравнения городов European Green Capital Award, уделяют основное внимание оценке экологических аспектов, в том числе и степени развития возможностей более экологически безопасных способов передвижения, что вполне объяснимо, поскольку целью оценки является выявление наиболее экологически устойчивых городов. Для оценки транспортной составляющей устойчивого развития используется следующий набор показателей:

- длина велосипедных дорожек на 1 жителя;
- доля передвижений на расстояние менее 5 км, совершаемых на личном автомобиле;
- доля населения, проживающего в зоне 300 метровой доступности от линий регулярного транспортного обслуживания городским транспортном общего пользования;
- доля автобусов, классифицируемых как транспортные средства с низкой эмиссией;
- выбросы от транспорта в CO_2 –эквиваленте (в тоннах на жителя).

Очевидно, что данные показатели ориентированы, прежде всего, на оценку результатов деятельности по организации более экологически устойчивого транспортного

поведения, не снижающего качества жизни, а также на снижение выбросов от транспорта. [28]

Индекс устойчивости городского транспорта городов Азии (Sustainable Urban Transport Index (SUTI) for Asian cities) разработан проектом CONCITO (Дания), который объединяет более 100 компаний, консультационных агентств и исследовательских групп, занимающихся проблемами изменения климата. Сравнение городов осуществляется на основе 10 показателей:

- степень охвата городских территорий сетью ОТ и инфраструктурой для немоторизованных перемещений;
- доля экологических устойчивых передвижений (немоторизованные передвижения и передвижения на ОТ);
- доступность ОТ (процент населения, проживающий не далее 500 метров от остановки ОТ, с частым обслуживанием);
- удовлетворённость населения качеством обслуживания и доступностью ОТ;
- количество смертей в ДТП на 100 тыс. жителей;
- доступность ОТ (доля расходов на транспорт в бюджете низкодоходных семей);
- доля расходов на содержание ОТ, возмещаемая платой за проезд;
- доля инвестиций в ОТ от всех инвестиций в транспортный сектор;
- качество воздушной среды (среднегодовые концентрации PM_{10});
- удельные выбросы «климатических» газов (тонн на душу населения в год).

Очевидно, что данный набор индикаторов, прежде всего, ориентирован на обеспечение устойчивой городской мобильности с помощью системы ОТ, что характерно для многих городов Азии. Следует отметить, что большинство азиатских мегаполисов имеют большую плотность населения, что диктует выбор именно этого решения, несмотря на уровень дохода их жителей, то есть ОТ рассматривается как средство передвижения для всех слоёв населения.

Заметим, что ни в одной системе показателей не учитываются индикаторы негативного воздействия на окружающую природную среду стационарных объектов транспортной инфраструктуры. Однако устойчивое развитие городского транспорта невозможно без обеспечения экологической устойчивости функционирования этих объектов. Стационарные объекты транспортной инфраструктуры также являются потребителями различных видов ресурсов и источниками негативных воздействий на городскую среду, при том, что их эффективное во всех смыслах функционирование

обеспечивает бесперебойную работу ОТ. Следовательно, показатели, связанные с ограничением негативного воздействия этих объектов также должны быть включены в систему показателей экологически устойчивого развития городского пассажирского транспорта.

Большинство наборов показателей также не описывают эффективность использования энергии и других материальных ресурсов на ОТ, т.е. его экологическую эффективность. Однако необходимо отметить, что набор показателей должен строиться на основе и в дополнение к показателям удовлетворения Целей Устойчивого Развития Повестки дня до 2030 года. Таким образом, показатели экологической эффективности, так же как показатели устойчивости водопользования и показатели, определяющие устойчивость системы сбора и переработки отходов транспортных предприятий также должны быть включены в систему управления устойчивым развитием городского общественного транспорта.

4 Показатели устойчивого развития общественного транспорта

В соответствии с концепцией устойчивой мобильности выделим основные критерии устойчивости:

- универсальная доступность транспортной услуги;
- эффективность ОТ;
- безопасность ОТ;
- экологичность ОТ.

Для управления устойчивым развитием ОТ необходимо определить показатели удовлетворения данным критериям.

Проведённый в разделе 1 анализ влияния устойчивого ОТ на достижение целей устойчивого развития Agenda 2030 демонстрирует значимость ОТ для обеспечения всех аспектов устойчивого развития крупных городов. Переключение части пассажиропотока с личного автотранспорта на более экологически устойчивые виды транспорта (прежде всего ОТ) является одной из наиболее успешных стратегий обеспечения устойчивости при перемещениях значительных пассажиропотоков, как показывает международный опыт. Поэтому для изменения модели транспортного поведения жителей крупных городов необходимо обеспечить привлекательность ОТ. Высокий уровень заполняемости транспортных средств является необходимым условием обеспечения всех аспектов эффективности, а также снижения негативного воздействия транспортных потоков на городскую среду (экологические аспекты безопасности) и окружающую среду в более глобальном смысле, необходимо также определить показатели привлекательности ОТ для жителей крупных городов.

Кроме того, для оценки влияния ОТ на все аспекты жизни города рассмотрим также показатели, относящиеся собственно к роли ОТ в транспортной системе города

Универсальная доступность транспортной услуги определяет социальных и экономический аспект мобильности, поскольку предполагает равные возможности доступа к рабочим местам (т.е. обеспечивает экономику города необходимыми трудовыми ресурсами) и городским сервисам для всех групп населения (определяет качество жизни в городе). Универсальность означает сочетание трёх аспектов доступности:

- территориальная доступность;
- ценовая доступность;
- физическая доступность.

Территориальная доступность определяется планированием землепользования и транспортного обслуживания (размещение транспортных коммуникаций и остановок, а также маршруты ОТ). При этом важно учитывать как доступность остановок ОТ относительно места проживания горожанина так и относительно места работы или учёбы. Кроме того, необходимо учитывать доступность различных городских сервисов, таких как учреждения здравоохранения, культуры, государственные учреждения и т.п. Доступность, при этом, должна определяться не только расстоянием (причём реальным расстоянием, а не расстоянием на карте), но и временем ожидания ОТ.

Утверждённый Министерством транспорта Российской Федерации стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным и городским наземным электротранспортом (далее СТОННТ) определяет территориальную доступность следующим образом: «расстояние кратчайшего пешеходного пути следования от ближайшей к остановочному пункту границы земельного участка, на котором расположен объект, до ближайшего остановочного пункта, который обслуживается маршрутом регулярных перевозок ... с учётом обхода естественных и искусственных преград, не превышает значений в зависимости от категории объекта, установленных в таблице:

Категория объекта	Расстояние кратчайшего пешеходного пути, не более. м	Расстояние кратчайшего пешеходного пути, которое допускается устанавливать в особых климатических условиях
Многоквартирный дом	500	400
Индивидуальный жилой дом	800	700
Предприятия торговли с площадью торгового зала 1000 м ² и более	500	400
Поликлиники и больницы муниципальной, региональной и федеральной системы здравоохранения, учреждения социального обслуживания граждан	300	300
Терминалы внешнего транспорта	300	300

Остановочный пункт, обслуживаемый магистральным маршрутом <...> на расстоянии не более 1200 м. При этом под магистральным маршрутом понимается маршрут регулярных перевозок по регулируемым тарифам, по которому осуществляются перевозки в пределах муниципального образования, ежедневно, с началом работы не

позднее 6 часов и окончанием работы не ранее 23 часов, с интервалом не более 10 минут в течение всего времени работы, обеспечивающий передвижение между двумя любыми остановочными пунктами, обслуживаемыми магистральными маршрутами, не более чем с двумя пересадками» [29].

Видно, что в данном стандарте не указана частота и ежедневная продолжительность обслуживания остановок немагистральными видами транспорта, а также соответствие вместимости транспортных средств пассажиропотоку. Причём нормативная вместимость установлена другими пунктами стандарта – не более 3 человек на 1 м² площади пола. Учитывая установленные в стандарте нормы, а также эти соображения установим следующие показатели территориальной доступности:

— *Доля населения, проживающего на расстоянии, установленном СТОННТ, с учётом частоты обслуживания для немагистральных видов транспорта не более 20 минут и соответствующей пассажиропотоку вместимости транспортных средств и пропускной способности обслуживающих видов транспорта;*

— *Доля населения, проживающего на расстоянии не более 1200 метром от станций магистральных видов транспорта с повышенной пропускной способностью (в т.ч. и метро), обслуживаемых ежедневно с началом движения не позже 6 часов и окончание движения не раньше 23 часов.*

Ценовая доступность определяется стоимостью передвижения на ОТ. Необходимо учитывать такой критерий устойчивости как равные возможности доступа к транспортным услугам для всех слоёв населения, поэтому цену проездного билета сравнивают не со средним уровнем дохода, а с доходами малообеспеченных слоёв населения. Согласно СТОННТ «среднемесячные расходы пассажира на осуществление поездок ... в пределах муниципального образования составляют не более 7% величины среднего арифметического взвешенного среднедушевого денежного дохода населения субъекта РФ, где расположено муниципальное образование». [29] При этом величина среднего арифметического взвешенного среднедушевого денежного дохода населения рассчитывается в соответствии с формулой:

$$\langle \text{СД}_{\text{взв}} = \frac{\sum D_i w_i}{w_i}, \quad (1)$$

где $\text{СД}_{\text{взв}}$ – среднее арифметическое взвешенного среднедушевого денежного дохода, D_i – медианная величина среднедушевого денежного дохода с соответствующей долей населения в распределении населения по величине среднедушевых денежных доходов в субъекте РФ, где расположено муниципальное образование, w_i – доля населения субъекта РФ, где расположено муниципальное образование, с величиной среднедушевого дохода

ниже среднедушевого дохода в указанном субъекте РФ» [29]. При этом величина среднемесячных расходов на транспорт приравнивается «к стоимости билета длительного пользования ..., предоставляющего право на неограниченное количество поездок в течение месяца, в случае если доля рейсов маршрутов регулярных перевозок по нерегулируемым тарифам в соответствующем муниципальном образовании составляет не более 25% от общего числа рейсов муниципальных маршрутов регулярных перевозок». Наличие проездного месячного билета является необходимым условием доступности и привлекательности использования ОТ для ежедневных передвижений. Таким образом, *показатель ценовой доступности определим как соотношение стоимости месячного проездного билета, предоставляющего право неограниченного числа поездок на ОТ и СД_{взв.}*. Напомним, что некоторые системы индикаторов рекомендуют ещё более радикальный показатель – соотношение расходов на транспорт с доходами наименее обеспеченных слоёв населения. Этот показатель может использоваться в качестве дополнительного, но он, в большей степени имеет отношение к другим аспектам социальной устойчивости города.

Физическая доступность определяется доступностью остановок и транспортных средств для маломобильных групп населения. В соответствии со СТОННТ все остановочные пункты, автовокзалы и автостанции должны отвечать требованиям «СП 59.13330.2016. Свод правил. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения». Доступность транспортных средств регламентируется ГОСТ Р 51090-97 «Средства общественного пассажирского транспорта. Общие требования доступности и безопасности для инвалидов» и Порядком обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электротранспорта. Однако установленные нормы не всегда могут обеспечить достаточную доступность для всех маломобильных граждан, поэтому необходимо регулярно проводить опросы целевых групп населения о доступности пользования ОТ. Соответственно в качестве показателей установим:

- *Доля остановок и станций ОТ, удовлетворяющих нормативным документам по доступности для маломобильных граждан;*
- *Уровень удовлетворённости маломобильных групп населения физической доступностью станций и остановочных пунктов;*
- *Доля подвижного состава ОТ, удовлетворяющего нормам по доступности для маломобильных граждан;*
- *Уровень удовлетворённости маломобильных групп населения физической доступностью транспортных средств ОТ.*

Для управления системой ОТ наиболее важным является такой комплексный показатель, как *уровень удовлетворённости маломобильных групп населения доступностью ОТ*, который определяется путём опроса целевых групп населения. По СТОННТ к маломобильным группам населения относятся: «инвалиды, люди с временными нарушениями здоровья, беременные женщины, люди преклонного возраста, люди с детскими колясками, иные категории населения, испытывающие затруднения при пользовании услугами по перевозке пассажиров и багажа». [29]

Эффективность ОТ относится ко всем измерениям устойчивого развития, поскольку определяет:

- эффективность выполнения ОТ его социальной функции (перемещение пассажиропотоков);
- эффективность использования энергоресурсов;
- эффективность использования других материальных ресурсов;
- экономическую эффективность.

Эффективность перемещения пассажиропотоков определяется такими показателями как *потери времени в заторах* (для ОТ с правом проезда ROW-B и ROW-C), который может быть измерен как *соотношение среднего времени, затраченного на поездку с деловыми целями во время пиковой загрузки УДС и в период «свободного» движения и средняя скорость сообщения (по видам ОТ) с учётом времени ожидания и времени посадки-высадки*. Эффективность организации движения ОТ также описывается показателем *заполнения салона транспортных средств*. Следует учитывать тот факт, что заполнение салона влияет и на эффективность потребления ресурсов, как энергетических, так и пространственных, в процессе движения, а также на экономическую эффективность.

Эффективность потребления энергоресурсов в процессе движения для электротранспорта измеряется *удельным (на ед. транспортной работы) потреблением электроэнергии*, а для автомобильного транспорта – *удельным потреблением моторного топлива*. Для оценки эффективности всей системы ОТ или отдельного вида транспорта используется общий показатель – *технологическая энергоёмкость*.

В Государственном стандарте «Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах» приводится следующий алгоритм получения результатов оценки технологической энергоёмкости [30]:

- определяется структура энергозатрат по каждому виду продукции или услуги, учитывая прямые затраты на производстве, косвенные энергозатраты, включая вспомогательное производство, энергозатраты на транспортирование веществ,

необходимых для основного производства, а также энергозатраты на создание нормальных условий работы в производственных помещениях и энергозатраты на природоохранные мероприятия;

- производится сбор данных по всем видам энергозатрат;
- все размерные характеристики энергозатрат переводят в условное топливо;
- полные энергозатраты вычисляются как сумма всех вышеперечисленных.

Таким образом, применительно к транспортной системе мы видим, что при вычислении затрат энергии на перевозку грузов или пассажиров необходимо рассматривать не только непосредственно перевозочный процесс, но также учитывать и все вспомогательные операции, выполняемые на объектах транспортной инфраструктуры. Так при расчете полных энергозатрат всей городской транспортной системы должны быть учтены и затраты на содержание транспортных коммуникаций, в случае системы ОТ необходимо учитывать затраты на содержание выделенной линейной инфраструктуры.

Рассматривая энергопотребление отдельных видов ОТ, следует отдельно рассмотреть подвижные и стационарные объекты. Так, например, для автомобильного транспорта отдельно рассматриваются энергозатраты транспортного средства в процессе движения, вычисляемые по потреблению моторного топлива, и затраты электроэнергии и тепла на стационарных объектах транспортного комплекса. При расчете показателей энергоэффективности следует принимать во внимание различие между первичной энергией (энергией, содержащейся в природных ресурсах до переработки) и вторичной или конечной энергией (например, электроэнергией или тепловой энергии). Поэтому для вычисления данного показателя рекомендовано потребление вторичной энергии пересчитывать в соответствующее количество первичной энергии (например, «нефтяной эквивалент» – условное топливо с теплотворной способностью сырой нефти). Для соизмерения различных видов топлива и энергии в России, согласно данному ГОСТу используется такое понятие как «условное топливо» с теплотворной способностью 7000 Ккал/кг или 29.30 МДж/кг. Пересчет количества топлива некоторого вида, например, сырой нефти, в условное топливо производится с помощью коэффициента, равного соотношению его теплотворной способности (теплоты, выделяемой при сгорании 1 кг нефти) и теплотворной способности условного топлива. Пересчет электрической, тепловой энергии и разных видов моторного топлива на условное топливо должен производиться по их физическим (энергетическим) характеристикам.

Эффективность потребления природных ресурсов для обслуживания транспортных средств описывается такими показателями как – *удельное потребление воды на стационарных объектах транспорта* (в качестве единицы продукции может выступать

обслуживание одного посадочного места), и *доля отходов, подвергаемых рециклингу* (т.е. повторному использованию для производства всего, что в дальнейшем может быть использовано как в самой транспортной системе, так и за её пределами). Эти показатель также относится и к критерию экологичности, поскольку повторное использование материалов снижает воздействие на окружающую природную среду, и снижает выбросы при уничтожении отходов и площадь, необходимую для размещения того, что не может быть утилизировано. Обратное водоснабжение также снижает нагрузку на природную среду и, соответственно, показатель удельного водопотребления также может рассматриваться как показателем критерия экологичность.

Для оценки экономической эффективности может быть применён такой показатель, как *доля операционных расходов на ОТ, покрываемая за счёт оплаты проезда*, при этом необходимо, чтобы устанавливаемые в процессе управления целевые значения не вступали в противоречие с ценовой доступностью транспортных услуг для всех слоёв населения. Необходимо учитывать и такой показатель, как *доля пассажиров, имеющих льготы на проезд в ОТ*, поскольку затраты на перевозку льготных категорий пассажиров не должны покрываться из бюджета транспортного предприятия. Экономическая эффективность пользования ОТ описывается также таким показателем, как *соотношение стоимости ежедневных передвижений с деловыми целями на ОТ и личном автомобиле (учитывая стоимость парковки)*. Этот индикатор также является показателем эффективности мер, принимаемых для стимулирования экологически устойчивых передвижений и дестимулирования передвижений на личном автотранспорте.

С точки зрения социального аспекта устойчивого развития важным показателем является также *соотношение заработной платы в системе ОТ и среднего уровня заработной платы в городе*, поскольку система ОТ обеспечивает значительное количество рабочих мест для жителей города. Для её устойчивого функционирования, необходимо, чтобы эти рабочие места были привлекательны для трудоспособной части населения.

Следует учитывать, что эффективность ОТ, во многом, определяется показателями, относящимися как к собственно системе ОТ, так и к формам городской мобильности. Основные из этих показателей следующие:

- *распределение передвижений по видам (немоторизованные, на личном автотранспорте, на ОТ, а для управления системой ОТ ещё и по видам ОТ);*
- *отклонение от оптимальной плотности маршрутной сети ОТ;*
- *среднее время перемещения с деловыми целями на ОТ;*
- *доля длины всех маршрутов, обслуживаемая скоростными видами ОТ;*

— доля длины всех маршрутов не скоростного транспорта с обеспечением приоритета движения ОТ (выделенные полосы, адаптивное светофорное регулирование и т.п.).

Важно отметить, что эффективность функционирования системы ОТ значительно зависит от привлекательности использования ОТ для ежедневных передвижений.

Привлекательность ОТ является одним из условий эффективности, экологичности и безопасности функционирования транспортной системы крупных городов с высокой плотностью населения. С экологической точки зрения, переход части пассажиропотока с личного автотранспорта на ОТ позволяет более эффективно использовать УДС, т.е. снижает количество заторов и, таким образом, позволяет снизить потребление моторного топлива в процессе движения, и, соответственно, выбросы экотоксикантов и интенсивность шумового воздействия всего потока. Кроме того, большой уровень заполнения транспортных средств обеспечивает снижение удельного потребления моторного топлива или других энергоносителей и, соответственно, снижение удельных выбросов отработавших газов. С экономической точки зрения большая заполняемость транспортных средств также обеспечивает большую экономическую эффективность в смысле того, что большая часть издержек по содержанию и обеспечению функционирования ОТ будет покрыта за счёт оплаты проезда. Уровень безопасности передвижения на ОТ существенно выше, чем на личном автотранспорте, что было показано в разделе 1. Таким образом, привлекательность ОТ является важным критерием обеспечения устойчивости развития ОТ с учётом всех его аспектов – экологического, экономического и социального.

Привлекательность передвижения на ОТ должны являться обеспечивается:

- меньшими затратами времени на перемещение;
- предсказуемостью времени перемещения;
- комфортностью поездки;
- удобством оплаты поездки;
- доступностью необходимой информации.

Для оценки привлекательности ОТ по времени может быть использован такой показатель как *соотношение времени передвижения в час пик на ОТ и личном автотранспорте*. Снижение временных затрат на перемещение на ОТ обеспечиваются наличием внеуличного скоростного транспорта (метро, городская электричка) с достаточной частотой обслуживания, или других видов городского скоростного

транспорта, большая часть маршрутов которых проходит по выделенной части УДС (LRT и BRT), а также связностью маршрутной сети ОТ.

Предсказуемость времени на перемещение определяется согласованностью расписаний различными видами ОТ (для использования преимуществ мультимодальности) и точностью соблюдения этих расписаний. Согласно СТОННТ «количество рейсов регулярных перевозок, осуществлённых с опозданием свыше 2 минут, не превышает 15% от общего количества рейсов маршрутов регулярных перевозок соответствующего вида сообщения». Однако выполнение такого жёсткого норматива не может быть обеспечено для транспорта, передвигающегося в общем потоке, если не применяются меры по обеспечению преимущества ОТ, такие как, например, адаптивное светофорное регулирование. В качестве показателя предсказуемости передвижения на ОТ в соответствии с СТОННТ применим следующий – *доля рейсов ОТ, осуществлённых с опозданием не выше 2 минут от общего числа рейсов*. Для определения значения этого показателя необходимо рассмотреть аналогичные показатели для всех видов ОТ.

Следует отметить, что соблюдение расписания при движении в общем потоке в часы пик не зависит от водителя транспортного средства. При условии перегруженной УДС значения этого показателя будут не велики, однако именно предсказуемость во время трудовых перемещений является наиболее важным параметром. Поэтому предсказуемость времени в пути в утренний ЧП следует оценивать как *среднеквадратичное отклонение, оцениваемое с помощью моделирования*.

Комфортность поездки определяется заполненностью транспортного средства, необходимым количеством пересадок, удобством пересадок и комфортностью среды внутри подвижного состава. Согласно СТОННТ заполненность салона не должна превышать 3 чел/м² «свободной площади пола салона транспортного средства, предусмотренной для размещения стоящих пассажиров», количество пересадок «в целях перемещения в любую точку муниципального образования» – не более 2-х; температура воздуха должна устанавливаться «в соответствии с температурой наружного воздуха – не менее 12⁰С при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5⁰С, не более 25⁰С при среднесуточной температуре наружного воздуха выше 20⁰С»

Таким образом, показатели установим следующие:

- *доля рейсов ОТ, в которых заполнение салона не превышало нормативного;*
- *доля перемещений, в которых количество пересадок превышало нормативное (определяется по опросам или на основании фиксации оплаты проезда с помощью smart-card ы);*

— *доля рейсов ОТ, в которых температура в салоне соответствовала нормативной;*

— *удовлетворённость пассажиров комфортностью поездки.*

Основным показателем для оценки привлекательности ОТ является *удовлетворённость пассажиров удобством поездки.* Остальные показатели можно использовать для управления развитием ОТ.

Удобство оплаты определяется наличием возможности оплаты проезда не только наличными, но и с помощью различных абонементных способов оплаты (единый месячный билет, проездной на отдельные виды транспорта, карты, типа «подорожник» и «тройка», а также оплаты банковской картой. Соответствующие показатели:

- *доля поездок, оплаченных с помощью абонементных способов оплаты*
- *доля поездок, оплачиваемых с помощью электронных документов.*

Кроме удобства оплаты проезда, электронные карты, считанные валидаторами в салоне транспортных средств позволяют автоматически собирать сведения о пассажиропотоках по видам транспорта, по маршрутам и по времени суток, а также контролировать доходы, получаемые транспортными предприятиями. Проездные на месяц позволяют оценить количество людей, использующих ОТ для ежедневных передвижений.

Доступность необходимой информации определяется как наличием информационных сервисов, позволяющих как планировать поездку на ОТ в режиме реального времени с помощью мобильных приложений или сети интернет, так и возможностью получать информацию о маршрутах и времени ожидания непосредственно на остановках и станциях ОТ. Согласно СТОННТ все остановочные пункты должны быть «оснащены средствами зрительного информирования пассажиров с актуальной информацией... Под средствами зрительного информирования пассажиров понимаются справочно-информационные стенды и табло, размещённые на объектах транспортной инфраструктуры, а также в транспортных средствах...содержащие информацию о маршрутах регулярных перевозок и их расписании». Показатели:

— *доля остановочных пунктов, соответствующих нормативу;*

— *доля остановочных пунктов, оборудованных устройствами отслеживания движения ОТ в реальном времени;*

— *доля подвижного состава, оборудованная устройствами информирования пассажиров о движении по маршруту в реальном времени;*

— *наличие информационных сервисов, позволяющих планировать перемещения на ОТ в режиме реального времени.*

Безопасность передвижений не только определяет их привлекательность, но и является одним из наиболее важных критериев устойчивой мобильности, который затрагивает как социальный, так и экономический аспекты устойчивого развития. Показатель – *количество смертей в ДТП на 100 тыс. жителей города* (социальный риск) – присутствует в наборе основных показателей устойчивого развития AGENDA 2030 и, соответственно, во всех наборах показателей устойчивой мобильности. В некоторых индикаторных системах присутствует также такой показатель, как *количество случаев получения тяжкого вреда здоровью в ДТП*, учитывающий такой важный социально-экономический аспект как потерю трудоспособности. Для управления устойчивым развитием ОТ необходимо конкретизировать эти показатели. Безопасность ОТ определяется:

- безопасностью пассажиров ОТ;
- безопасностью других участников движения.

Таким образом, необходимо отдельно рассматривать такие показатели как:

- *число смертей в ДТП среди пассажиров ОТ по отношению к транспортной работе (например, на 100 тыс. пасс. - км);*
- *количество случаев получения тяжкого вреда здоровью в ДТП среди пассажиров ОТ по отношению к транспортной работе (на 100 тыс. пасс. км);*
- *число смертей в ДТП с ОТ среди других жителей города (на 100 тыс. жителей);*
- *количество случаев получения тяжкого вреда здоровью в ДТП с ОТ среди других жителей города (на 100 тыс. жителей).*

Первые два показателя определяют риск пассажиров ОТ, вторые – риск для всех жителей города. Аналогичные сведения необходимо собирать по всем видам ОТ и транспортным предприятиям.

Кроме того, для того, чтобы совершенствовать систему обеспечения безопасности ОТ, необходимо получать данные о причинах ДТП, повлекших за собой смерть или тяжкий вред здоровью людей, т.е. долю происшествий по причине:

- *неисправность транспортных средств ОТ;*
- *ненадлежащее состояние транспортных коммуникаций (включая средства управления движением);*
- *ошибки персонала транспорта;*
- *причины не связанные с ОТ (ДТП по вине третьих лиц).*

Экологическая безопасность ОТ затрагивает все аспекты устойчивого развития – экологический, социальный и экономический. Транспорт оказывает существенное негативное воздействие на все природные среды, и в особенности на качество воздушной среды, что сказывается и на состоянии здоровья жителей города и урбоэкосистемах. Следует отметить, что качество городской среды является одним из важнейших показателей качества жизни в городе. Выбросы «климатических» газов от транспорта существенным образом влияют также на глобальные процессы биосферы Земли. Таким образом, экологичность ОТ определяется:

- уровнем глобального негативного воздействия на окружающую природную среду (климатические изменения);
- уровнем воздействия на городскую среду;
- уровнем воздействия на пассажиров ОТ.

В качестве показателя глобального воздействия рассмотрим *удельный выброс «климатических газов» в CO₂ эквиваленте с учётом WTW-выбросов (т.е. по всему жизненному циклу «от скважины до колеса»*. Если рассматривать весь цикл получения энергоносителей для транспортных средств, можно видеть, что электротранспорт также является источником климатических газов, и понятие «ноль-выброс» относится только к выбросам отработавших газов непосредственно в процессе движения.

Однако снижение выбросов в процессе движения является определяющим фактором для качества городской среды. Таким образом, *доля транспортной работы ОТ, совершаемая с «ноль-выбросом»* является важнейшим показателем уровня воздействия ОТ на городскую среду. Поскольку в силу существенно стоимости подвижного состава ОТ с «ноль-выбросом» такие транспортные средства не определяют состав парка ОТ, необходимо также рассмотреть такой показатель, как *доля транспортной работы, выполняемой транспортными средствами, экологический класс которых соответствует установленному стандарту (в настоящее время Евро-IV)*. Для тех городов, экономическая ситуация в которых наиболее благоприятна, этот показатель может быть заменён на *долю транспортной работы, выполняемой транспортными средствами, экологический класс которых выше установленного стандарта*.

Управление снижением негативного воздействия транспортных предприятий ОТ на окружающую природную среду предполагает оценку их вклада в загрязнение природных сред по отношению к произведённой ими работе и может быть оценено *долей сточных вод стационарных объектов ОТ, очищенных до нормативных показателей, а также удельным выбросом и удельным образованием отходов (на обслуживание одного посадочного места в подвижном составе)*.

Для оценки негативного воздействия на пассажиров ОТ необходимо рассмотреть как воздействие химических, так и физических факторов. В качестве показателей негативного воздействия на пассажиров метро предлагается оценить *уровень шумового воздействия и ЭМП на станциях и в вагонах метрополитена*, а также *долю измерений, зафиксировавших превышение ПДК вредных примесей, определяемых функционированием подземного транспорта, в воздушной среде на станциях метрополитена*. Для наземного транспорта предлагается такой показатель, как *соотношение среднегодовых концентраций $PM_{2,5}$ и PM_{10} на остановках ОТ и в среднем по городу*, а также *аналогичное соотношения уровня шумового воздействия*. Данные показатели могут быть получены, если измерения производятся в зоне дыхания человека в непосредственной близости к магистральным улицам. Эти же показатели могут быть использованы для оценки негативного воздействия на человека при немоторизованных передвижениях вдоль транспортных магистралей.

Соотношение различных аспектов устойчивой мобильности и показателей устойчивости системы ОТ приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Соотношение различных аспектов устойчивой мобильности и показателей устойчивости системы ОТ

Таким образом, разработанный набор показателей наиболее полно описывает все аспекты экологически устойчивого развития ОТ и может быть применён в системах управления развитием ОТ. Для управления различными видами ОТ из этого набора также могут быть выделены соответствующие показатели. Данная систем показателей устойчивой мобильности также может быть использована как основа для экспертной оценки качества развития городского ОТ.

5 Сравнительный анализ различных видов городского общественного транспорта с учётом различных транспортных средств

Рассмотрим основные виды ОТ, функционирующие на основе различного подвижного состава, с точки зрения критериев устойчивой мобильности и показателей, определённых в предыдущем разделе.

Территориальная доступность различных видов ОТ определяется, в первую очередь, расположением и степенью обособления транспортных коммуникаций. Если нормативная доступность подвозящего транспорта, движущегося в общем потоке - не более 500 метров от места жительства и места работы (учёбы), а также различных социальных сервисов, то для магистрального транспорта, в особенности на полностью выделенной инфраструктуре этот показатель должен быть увеличен до 1000-1500 метров.

Обеспечение физической доступности магистрального транспорта на эстакаде и в тоннеле требует особого внимания, поскольку появляется необходимость подъёма-спуска на соответствующие уровни, однако при обособлении центральной полосы для общественного транспорта, особенно для BRT, также во многих случаях используются подземные переходы для выхода на посадочную площадку.

Ценовая доступность зависит с одной стороны от политики муниципальных властей, устанавливающих уровень субсидий и инвестиции в развитие ОТ, а с другой стороны определяется экономической эффективностью функционирования ОТ.

Показатели, на основании которых определяется экономическая эффективность и эффективность работы конкретных систем магистрального городского транспорта в развивающихся странах, приведены в таблице 4. [31]

Обобщённые данные по соотношению капитальных затрат на км (в млн \$) и провозной способности (пасс/час в одном направлении) по данным Всемирного банка [32] приведены на рисунке 3.

Таблица 4 – Показатели экономической эффективности и эффективности работы конкретных систем магистрального городского транспорта в развивающихся странах

Город	Вид транспорта	Расположение	Длина (км)	Расстояние между станциями (км)	Средняя скорость (км/ч)	Мах провозная способность (пасс/ч в одном направлении)	Капитальные затраты на 1 км маршрута М US\$
Бангкок	Метро (рельс)	эстакадное	23.1	1.0	45	50000	73,59
Мехико (линия В)	Метро (рельс - колесо в шине)	20% эстакада, 25% тоннель	23.7	1.1	45	39300	40.92
Каракас (линия 4)	Метро (рельс)	тоннельное	12.3	1.5	50	32.4	90.25
Куала-Лумпур (Putra)	ЛРТ	эстакадное	29	1.3	50	30000	50.0
Тунис (SMLT)	ЛРТ	наземное	29.7	0.9	13/20	12000	13.3
Кито	BRT (двойной троллейбус)	наземное с приоритетным движением	16.2	0.4	20	15000	10.3
Богота (TransMilenio-1)	BRT (Автобусы повышенной вместимости)	наземное на выделенной полосе	41	0.7	20-обычный, 30 –экспресс	35000	5.2

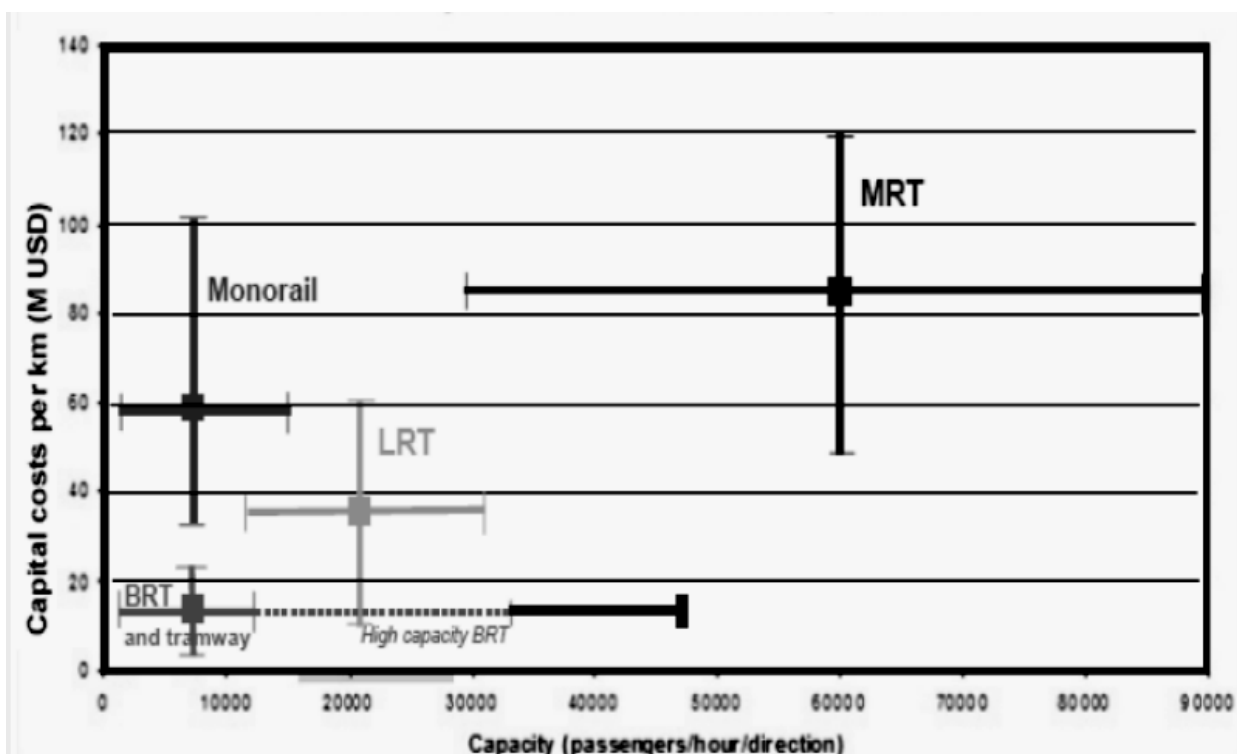


Рисунок 3 – Соотношение капитальных затрат и провозной способности различных магистральных видов ОТ

Очевидно, что наибольших капитальных затрат требует создание метро, поэтому создание и функционирование данного вида транспорта будет эффективным лишь в том случае, когда необходимо обслуживать пассажиропотоки не менее 30 тыс. пасс/час в одном направлении. Строительство линий метрополитена оправдано в крупных городах, имеющих плотную застройку, с растущим уровнем благосостояния населения для обслуживания пассажиропотоков не менее 35 тыс. пасс/час. Эффективность функционирования транспорта существенно зависит от заполнения подвижного состава, следовательно, во многом определяется выбором маршрута и расположением станций, т.е. закладывается на этапе создания инфраструктуры.

Высокая провозная способность BRT может быть обеспечена только использованием автобусов повышенной вместимости в пакетном режиме, что существенно увеличивает объём выбросов отработавших газов и других загрязнителей.

При сравнении экономической эффективности магистральных видов ОТ следует учитывать приведённые затраты в полном жизненном цикле и их структуру. Поскольку для рельсовых видов транспорта капитальные затраты являются более существенной частью стоимости полного жизненного цикла, тогда как для автотранспорта и BRT даже

на основе троллейбусов определяющими являются операционные расходы. Обобщённые данные о зависимости операционных расходов, включая амортизацию (в US\$/место-км), от провозной способности (пасс/час в одном направлении) приведены на рисунке 4. [32]

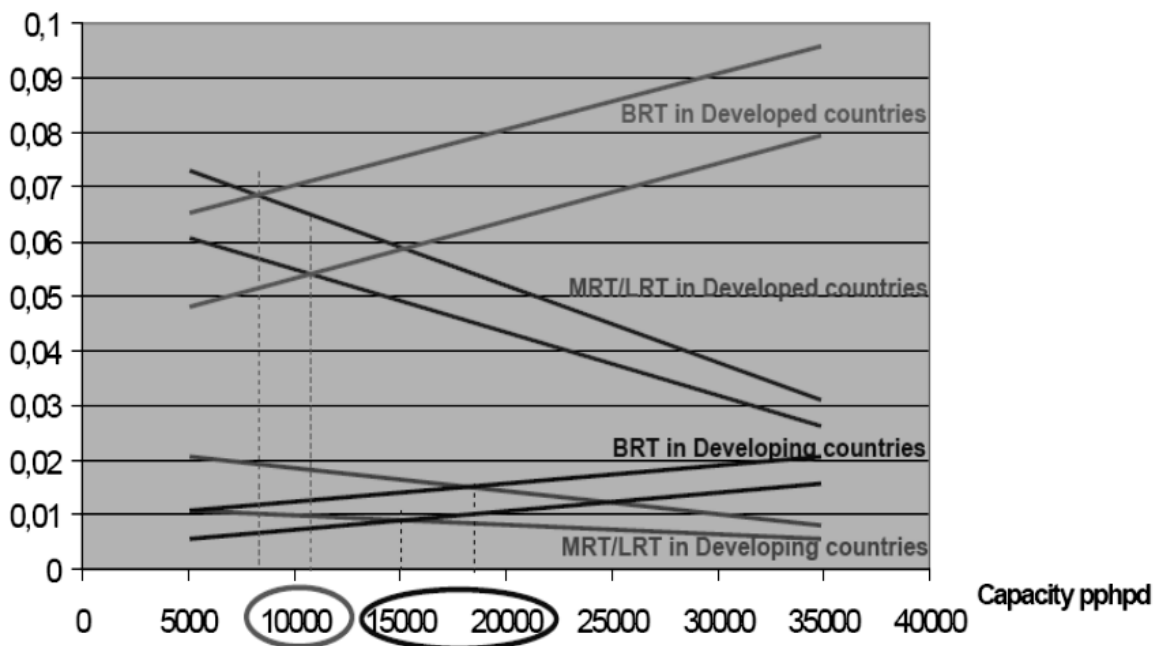


Рисунок 4 – Сравнение операционных расходов различных видов магистрального транспорта

Очевидно, что с увеличением обслуживаемого пассажиропотока операционные расходы для рельсовых видов транспорта уменьшаются, а для BRT растут как в развивающихся, так и в развитых странах. То есть в долгосрочной перспективе ЛРТ является более эффективным чем BRT для обслуживания пассажиропотоков более 15-20 тыс. пасс/час в одном направлении, хотя затраты на его создание существенно превышают затраты на BRT. Необходимо обратить внимание и на тот факт, что полный анализ стоимости жизненного цикла различных видов ОТ требует учёта внешних издержек, в том числе и связанных с глобальным воздействием на окружающую среду, а также с загрязнением городской среды.

Уровень окупаемости (соотношение между сбором от оплаты проезда и операционными расходами) некоторых рельсовых систем ОТ в крупных городах мира приведён в таблице 5. [31]

Таблица 5 – Уровень окупаемости некоторых рельсовых систем ОТ в крупных городах мира

Рельсовая система ОТ	Уровень окупаемости операционных расходов рельсовых видов ОТ
Куала-Лумпур Putra LRT	0,50
Куала-Лумпур Star Metro	0,90
Метро Буэнос-Айрес	0,77
Метро Сан-Пауло	1,06
Метро Сингапур	1,50
Манила Лёгкое метро	1,80
Метро Гонконг	2,20

Таким образом, можно видеть, что операционные расходы метрополитена могут окупаться сбором платы за проезд при условии высокого уровня заполнения, в том числе и за счёт ценовой доступности для населения. В Гонконге и Сингапуре применяются жёсткие правительственные меры по ограничению использования личного автотранспорта, что привело к существенному сокращению уровня автомобилизации, при довольно высоком уровне ВРП на душу населения (таблица 6 по данным из источника). [33]

Таблица 6 – Сравнительные данные по уровню автомобилизации в развитых странах Азии и в Москве

Город	Плотность населения (чел/м ²)	ВРП (тыс. US\$ на душу населения)	Уровень автомобилизации
Сингапур	8100	66,9	101
Гонконг	36300	57,2	63
Москва	11300	45,8	341

Следует отметить и тот факт, что Московский метрополитен также функционирует при высоком уровне заполнения, что тоже обеспечивает покрытие операционных расходов.

Сравнительная стоимость подвижного состава различных видов транспорта приведена в таблице 7. [31]

Таблица 7 – Стоимость подвижного состава

Транспортное средство	Стоимость (US\$)
Дизельные автобусы	30 -75 тыс.
«Чистый» дизель	100-300 тыс.
КПГ, СНГ	150-350 тыс.
Гибриды (электро-ДВС)	200-400 тыс.
На топливных элементах	1-1.5 млн.
Вагон метро	1.7-2.4 млн.

Из данных, представленных в таблице 7, видно, что стоимость автобусов с улучшенными экологическими характеристиками сравнима для «чистого» дизеля, газовых и гибридных автобусов, но существенно превышает стоимость обычных автобусов. Однако следует принять во внимание, что качество жизни жителей города существенно зависит от качества городской среды. Поэтому при выборе подвижного состава ОТ следует учитывать экологические характеристики транспортных средств, а также экологические характеристики и доступность различных энергоносителей, учитывая весь их жизненный цикл. Следует отметить, что на настоящее время стоимость автобуса на топливных элементах достаточно высока и сравнима со стоимостью вагона метро, что связано с повышенными требованиями к безопасности пассажирского транспорта, особенно при движении в общем транспортном потоке.

Эффективность использования городского пространства различными видами транспорта во многом зависит от степени обособления его транспортных коммуникаций, и прежде всего от их расположения – наземные коммуникации, эстакада или тоннель. Больше всего городское пространство занимают наземные коммуникации, однако следует

учитывать и наименьшие капитальные затраты на их возведение в этом случае. Эстакадный транспорт требует пространства под размещение опор для эстакад, а также посадочных станций. Подземные транспортные коммуникации не требуют наземного пространства, которое необходимо только для организации входа и выхода пассажиров, однако именно они требуют наибольших капитальных затрат. Все виды транспорта также требуют наземного пространства для размещения объектов по обслуживанию подвижного состава, при этом метрополитен требует больше пространства, чем наземные виды транспорта. Потребление пространства в процессе движения может быть измерено соотношением скорости движения транспортного средства и пространства на одного пассажира. Сравнение уровней потребления пространства при различных способах передвижения приведено на рисунке 4. [34]

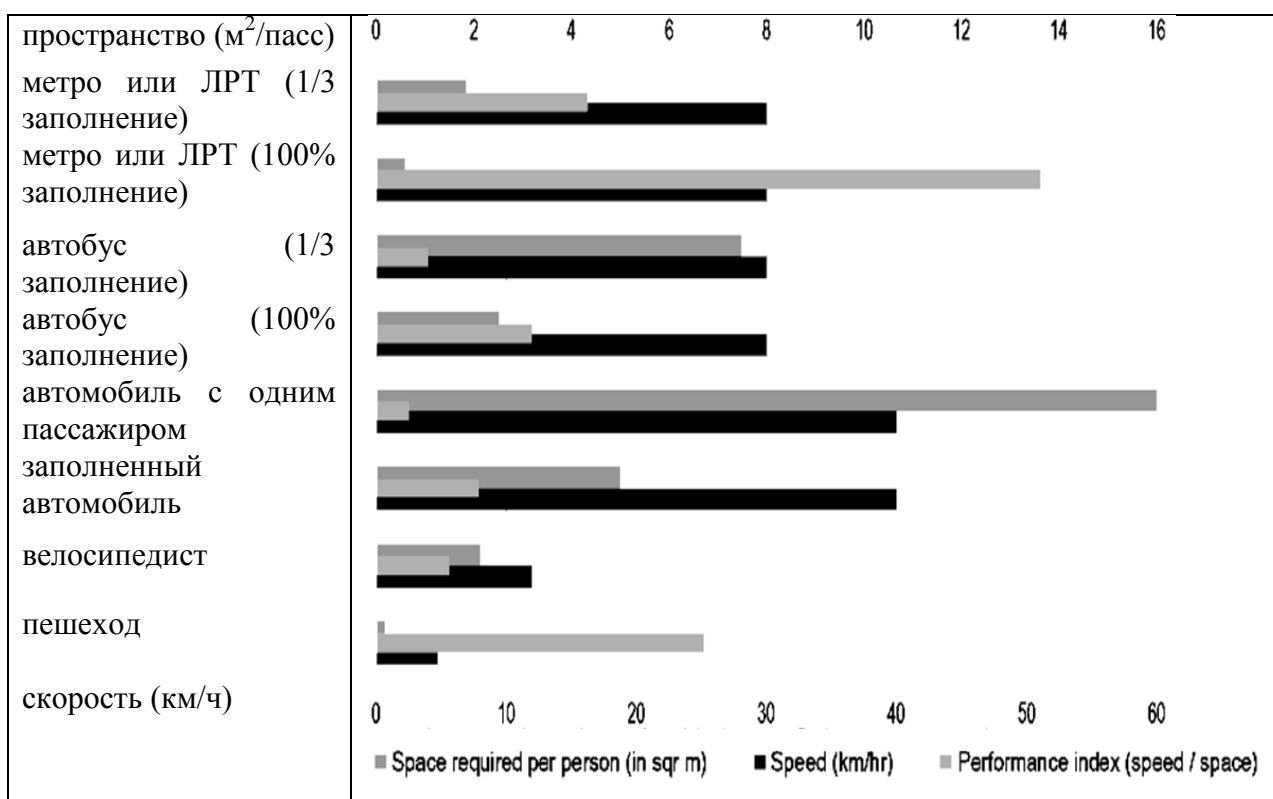


Рисунок 4 – Уровни потребления пространства при различных способах передвижения

Видно, что наилучшая эффективность использования пространства при передвижении характерна для рельсовых видов транспорта и пешеходов, автотранспорт может быть эффективным только при условии 100% заполнения.

Эффективность потребления энергии также существенным образом зависит от заполнения транспортного средства. Ещё одним существенным фактором являются условия движения (равномерность скоростного профиля), при высоком уровне

обособления транспортных коммуникаций энергоэффективность, как правило, существенно увеличивается. Также необходимо упомянуть тот факт, что наличие электродвигателя позволяет рекуперировать энергию торможения, что является важным фактором энергосбережения при движении в городском цикле для всех видов городского электротранспорта.

Обобщённые данные об эффективности потребления энергии с учётом провозной способности различных видов транспорта приведены в таблице 8. [35]

Таблица 8 – Эффективность потребления энергии с учётом провозной способности различных видов транспорта

Виды общественного транспорта	автобус	BRT (одна линия)	LRT	Метро и пригородные электрички
Провозная способность (пасс/час)	9000	17000	22000	15000-60000
Потребление энергии (MJ на пасс/км)	0,32-0,91	0,24	0,53-0,65	0,15-0,35

Данные об энергопотреблении автобусов, микроавтобусов и поездов метро в зависимости от заполнения подвижного состава приведены в таблице 9. [36]

Таблица 9 – Зависимость удельного энергопотребления от вида транспорта и заполнения подвижного состава

Вид пассажирского транспорта	Энергопотребление (Ватт в час на пасс/км)
Метро (Токио, Гонконг, выше 90%)	79
Метро (заполнено на 21%)	240
Автобус (заполнен на 45%)	101
Автобус (8,9 пассажиров)	875
Микроавтобус	184

Из таблицы видно, что уровень заполнения транспортного средства может изменять его энергоэффективность в разы, что необходимо учитывать при организации транспортного обслуживания населения в крупных городах. Без данных о перемещениях,

объёмах планируемых пассажиропотоков невозможно обеспечить выбор оптимального способа транспортного обслуживания.

Сравнение энергопотребления и связанного с ним выброса экотоксикантов различных транспортных средств, как правило, осуществляется на конкретном маршруте. При тестировании газовых, гибридных (ДВС+ электромотор) и дизельных автобусов на одном и том же маршруте в Нью-Йорке и Бостоне установлено, что выбросы твёрдых частиц у гибридов и автобусов на КПП сравнимы и существенно меньше, чем выбросы дизельных автобусов, даже на ULSD. Выбросы неметановых углеводородов выше у газовых автобусов. [13] Наименьшее потребление моторного топлива, в дизель-эквиваленте, у гибридного автобуса и наибольшее автобуса на КПП.

В качестве подвижного состава наземного пассажирского транспорта, в частности в BRT-системах, могут быть использованы также троллейбусы (Кито) и электробусы (Лос-Анджелес, Шанхай, Париж и т.д.). Важнейшими преимуществами транспортных средств BEV (battery-electric vehicle) является, так называемый, «ноль»-выброс (не происходит загрязнение городской среды отработавшими газами в процессе движения), а также существенно более низкий уровень шумового и вибрационного воздействия.

Исследования сравнительной энергоэффективности троллейбусов и электробусов отечественного производства («Тролза» и ЛиАЗ), проведённые в МАМИ (Московский государственный машиностроительный университет) показали, что «наиболее энергоэффективной концепцией пассажирского транспорта на базе тягового электропривода является использование электробусов с зарядкой на конечных остановочных пунктах». [37]

Ещё одним видом автобусов с «ноль» – выбросом являются автобусы на топливных элементах FCEB (Fuel Cell Electric Buses). В этом случае для выработки электрического тока в электрохимическом двигателе используется водород. Зарядка подобного автомобиля происходит значительно быстрее, чем обычного электромобиля и расстояние, проходимое на одной заправке, как правило, больше чем у ВЕВ (до 400 км), нет проблемы утилизации аккумуляторов, так как топливные элементы подвергаются рециклингу. Однако возникают серьёзные проблемы, связанные с получением, транспортировкой и хранением водорода, в том числе и проблемы безопасности. Именно по соображениям безопасности FCEB нельзя использовать в длинных тоннелях. Для перевозки и хранения водорода необходимы особо прочные ёмкости, что и определяет высокую себестоимость FCEB, в которых баки изготовлены из новейших высокопрочных материалов. Высокая стоимость автобуса и является одним из наиболее существенных препятствий более широкому использованию FCEB. Однако прогнозируется снижение стоимости до 50% в

ближайшие годы, что в большой степени будет зависеть от коммерциализации. Следует учитывать и тот факт, что топливная экономичность (в милях на галлон топлива в дизель-эквиваленте) FCEB в 1,4 раза выше, чем дизелей и в 1,9 раз выше, чем у автобусов на КПГ, однако почти в 2 раза ниже, чем у ВЕВ.

Энергоэффективность, и связанные с ней WTW – выбросы (во всём жизненном цикле энергоносителя) в значительной степени, зависят от источника получения водорода. В настоящее время водород, в основном, получают из природного газа. В этом случае энергоэффективность и WTW-выбросы FCEB даже хуже чем у дизельных автобусов и автобусов на КПГ. Однако, если водород, как в Гамбурге (FCEB и автобусы на солнечных батареях обслуживают инновационную линию городского транспорта) получен как побочный продукт химической промышленности или электролизом воды с использованием мощности электростанций в ночное время, уровень WTW выбросов и потребления энергии существенно снижается. [38]

Использование различных энергоносителей также играет существенную роль в обеспечении экологической безопасности городского автотранспорта общего пользования. Поэтому при принятии управленческих решений, нацеленных на повышение энергоэффективности и снижение негативного воздействия на окружающую природную среду, следует принимать во внимание как стоимость подвижного состава и энергоносителей, так и факторы, связанные с доступностью соответствующих энергоносителей, а также их потенциал не только в снижении воздействия непосредственно на городскую среду, но и в снижении глобального негативного воздействия транспорта на окружающую природную среду в масштабах планеты.

Электротранспорт не является источником выбросов отработавших газов, однако использует электроэнергию, при производстве которой из невозобновляемых источников эти выбросы присутствуют. Сравнение выбросов «климатических» газов различных видов ОТ требует проведения анализа полного жизненного цикла энергоносителя, т.е. сравнение должно опираться на WTW-выбросы (от скважины до колеса), при этом выбросы при производстве энергии существенно отличаются в зависимости от первичного источника энергии (наибольший объём выбросов «климатических» газов и других загрязнителей присутствует при получении энергии на ТЭС, работающих на угольном топливе). Таким образом, сравнительные характеристики выбросов различных видов магистрального транспорта и различных видов используемых транспортных средств CO_2 -эквиваленте зависят от первичного источника энергии, технологий её получения и распределения или технологий переработки природных энергоносителей в моторное топливо.

Однако, даже с учётом того, что основным первичным источником электроэнергии в Китае является уголь, WTW-выброс электробусов, перевозящих пассажиров в городе Шэньжэне, существенно ниже (на 29-40%), чем у обычного дизеля. [39] Тем не менее, у электробусов есть несколько особенностей, увеличивающих их негативное воздействие на окружающую природную среду, отсутствующих у автобусов с ДВС. Один из наиболее существенных – аккумуляторная батарея, которая требует замены в течении жизненного цикла транспортного средства несколько раз, при этом не подлежит рециклингу на нынешнем уровне развития технологий. Проблема снижения воздействия на окружающую среду в процессе производства и утилизации аккумуляторов требует отдельного внимания исследователей. Стоимость таких автобусов также достаточно высока, (прогнозируется её существенное снижение в последующее десятилетие), но обслуживание менее затратно.

В отличие от электробусов, рельсовый электротранспорт и троллейбусы получают энергию непосредственно от электросети. В этом случае из WTW-выбросы и энергоэффективность зависят, в том числе от эффективности передачи энергии в электросетях. Минимизация потери энергии при её передаче от источника к электродвигателю обеспечивает энергоэффективность городского электротранспорта.

Сравнительные характеристики негативного воздействия различных видов транспортных средств на городскую природную среду приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики негативного воздействия различных видов транспортных средств на городскую природную среду

	Автобус с ДВС	ВЕВ	троллейбус	трамвай
Выбросы «климатических газов»				
Источники	Выбросы ДВС	Выбросы в процессе получения электроэнергии		
Химическое загрязнение городской среды				
Источники	<ul style="list-style-type: none"> • Выбросы ДВС • Испарение АЗС и из топливного бака в процессе движения 	Выбросы при ремонте рельсов		
	продукты износа механических частей и покрышек транспортного средства, а также дорожного покрытия		продукты износа механических частей, колес и рельсов	
	Выбросы и сбросы предприятий по обслуживанию подвижного состава			
	Отходы предприятий по обслуживанию подвижного состава			
Шумовое и вибрационное воздействие				
Уровень шума	85-90 дБА		76 дБА	72 дБА
Электромагнитное излучение				
Среднее значение величины магнитной индукции, мкТл	100		120	120
Максимальное значение величины магнитной индукции, мкТл	140		160	160

Обращаясь к социальному аспекту безопасности транспортного обслуживания необходимо ещё раз подчеркнуть, что ОТ является одним из самых безопасных способов совершения городских перемещений. При этом по данным статистики США по количеству транспортных происшествий для различных видов транспорта, уровень безопасности городского рельсового транспорта – 0,38 смертельных случаев на миллиард пасс/миль, автобусов различного назначения – 0,2 смертельных случаев на миллиард пасс/миль. [40]. Сравнение данных по происшествиям в США для метро и ЛРТ показывает, что, несмотря на то, что общее количество смертельных исходов для происшествий в метрополитене выше, относительные показатели (на миллион пасс-миль) выше у ЛРТ. При этом количество смертельных исходов для пассажиров, связанных с крушением составов в два раза меньше, чем смертельных случаев на платформе. Это связано в первую очередь с тем, что в эту статистику включены данные по суицидам (отношение попыток суицида в метро и ЛРТ приблизительно 8:1). [41] Следовательно, обеспечение безопасности рельсовых видов транспорта требует несколько более существенных усилий, что, как правило, связано с большей скоростью передвижения и большим весом подвижного состава, обеспечивающими большую провозную способность этих видов транспорта, в особенности это касается метрополитена.

Проведённый сравнительный анализ позволяет сделать заключение о том, что устойчивое развитие системы ОТ возможно только на основе использования различных видов транспорта в их взаимодействии, поскольку сравнение возможно только в конкретных условиях определённого маршрута. При выборе магистральных видов транспорта для обслуживания новых районов необходимо учитывать множество различных факторов, начиная с планируемых пассажиропотоков и заканчивая факторами безопасности, в том числе и экологической.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устойчивое развитие городов, в соответствии с принятой ООН концепцией, неразрывно связано с обеспечением устойчивого развития их транспортных систем. Развитие городского общественного транспорта на основе концепции устойчивой мобильности будет способствовать повышению качества жизни населения крупных городов и качества городской среды. Управление устойчивым развитием городского общественного невозможно без системы показателей, охватывающих все аспекты экологической устойчивости, которые можно применять как для управления отдельными транспортными предприятиями и видами общественного транспорта, так и системой городского транспорта общественного транспорта в целом. В данном отчёте на основании концепции устойчивой мобильности, с учётом международного опыта разработана система показателей экологически устойчивого развития общественного транспорта.

Таким образом, в данном отчёте:

- рассмотрено влияние устойчивого развития общественного транспорта на достижение основных целей устойчивого развития Повестки дня ООН до 2030 года;
- проанализирован международный опыт использования различных наборов показателей устойчивой мобильности применительно городскому общественному транспорту;
- разработана система показателей состояния развития городского общественного транспорта по отношению к основным целям и критериям экологически устойчивого развития;
- проведён сравнительный анализ различных видов общественного транспорта по критериям экологической, эколого-социальной и эколого-экономической устойчивости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sustainable Mobility for All. Global Mobility Report 2017: Tracking Sector Performance // сайт Всемирного банка, url: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28542/120500.pdf> (дата обращения 29.06.2018)
2. The Future of Urban Mobility 2.0, Imperatives to shape extended mobility ecosystems of tomorrow// официальный сайт UITP, URL:https://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20&%20UITP_Future%20of%20Urban%20Mobility%202%200_Full%20study.pdf (дата обращения 3.10.2018)
3. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development//Электронный ресурс, url: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf (дата обращения 28.06.2014)
4. S. Amoroso, L. Caruso & F. Castelluccio, Indicators for sustainable mobility in the cities // Электронный ресурс, url:http://www.researchgate.net/publication/271423117_Indicators_for_sustainable_mobility_in_the_cities, (дата обращения 10.09.2018)
5. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015// официальный сайт ВОЗ, URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS_2015_RUS.pdf?ua=1 (дата обращения 2.10.2018)
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году»//официальный сайт министерства природных ресурсов и экологии, url: http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2016 (дата обращения 27.11.2018)
7. Совокупные водные ресурсы страны // Федеральный портал protown.ru, url: <http://protown.ru/information/hide/2820.html> (дата обращения 2.07.2018)
8. Key world energy statistics// сайт IEA, URL: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf> (дата обращения 12.10.2017)

9. THE IMPORTANCE OF INVESTING IN SUSTAINABLE URBAN MOBILITY IN THE POST-2020 EU BUDGET // Position paper of UITP, url: http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP_PositionPaper_The%20Importance%20of%20investing%20in%20sustainable%20Ourban%20mobility%20in%20the%20post-2020%20EU%20budget.pdf (дата обращения 02.07.2018)
10. For a sustainable and cost-efficient clean bus deployment: UITP Position on the revision of directive 2009/33/EC// Position Paper of UITP, url: http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP_PositionPaper_Clean%20Vehicles%20Directive_2018.pdf (дата обращения 3.07.2018)
11. Электронный ресурс, url:<http://varlamov.ru/711644.html> (дата обращения 27.11.2018)
12. Крутак Р. Эковождение, австрийские учебные программы по эковождению и проект ЕС ECOWILL// Устойчивое развитие городского транспорта: вызовы и возможности: сборник материалов Международного семинара. М.: НТБ «Энергия», 2013. С. 121-125.
13. Bus systems for the future. Achieving Sustainable Transport Worldwide //Электронный ресурс, URL: <https://est east.unep.ch/assets/publications/Local-sustainable-transport-policies/bus-systemsfor-the-futureachieving-sustainable-transport-worldwide.pdf> (дата обращения 20.03.2018)
14. Электронный ресурс, url: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%20refinement_Rus.pdf, дата обращения 10.06.2018
15. Review of Existing and Potential Indicators on Transport to Support the SDGs-DRAFT IN PROGRESS// <http://www.slocat.net> официальный сайт SLoCaT , url:http://slocat.net/sites/default/files/for_member_review_-_draft_initial_review_of_indicators_component_a_for_wb_by_slocat_partnership_feb26_15_.pdf (дата обращения 18.09.2018)
16. Indicators and a Monitoring Framework for Sustainable Development Goals// официальный сайт <http://unsdsn.org>, <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2015/01/150116-Indicators-and-a-Monitoring-Framework-for-SDGs-working-draft-for-consultation.pdf> (дата обращения 18.09.2018)
17. Second Urban Sustainable Development Goal Campaign Consultation on Targets and Indicators: Bangalore Outcome Document http://urbansdg.org/wp-content/uploads/2015/02/Urban_SDG_Campaign_Bangalore_Outcome_Document_2015.pdf (дата обращения 21.09.2018)

18. Star Ratings// сайт проекта iRAP, url: www.irap.org/how-we-can-help/?et_open_tab=et_pb_tab_0#mytabs|0 (дата обращения 2.10.2018)
19. Спасти жизнь: Пакет технической документации по вопросам безопасности дорожного движения// электронный ресурс. url: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258524/9789244511701-rus.pdf?sequence=1> (дата обращения 2.10.2018)
20. Sustainable cities mobility index 2017 Bold moves//сайт консультативно –проектной фирмы Arcadis, URL: www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/sustainable-cities-mobility-index-2017 (дата обращения 8.10.2018)
21. D. Gillis, I. Semanjski,† D. Lauwers, How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators// электронный ресурс, URL: www.researchgate.net/publication/288875745_How_to_Monitor_Sustainable_Mobility_in_Cities_Literature_Review_in_the_Frame_of_Creating_a_Set_of_Sustainable_Mobility_Indicators (дата обращения 15.10.2018)
22. D. Lauwers, Sustainable urban mobility indicators – The WBCSD based approach// Доклад на IV Европейском конгрессе Sustainable Urban Mobility Plans, 29-30.03.2017 г., электронный ресурс URL: http://www.eltis.org/sites/default/files/sump_conference_2017_c1_1_lauwers.pdf (дата обращения 22.09.2018)
23. Кнупфер Ш., Покотило В., Вотцель Д. Транспортные системы 24 городов мира: составляющие успеха// сайт компании McKinsey&Company, URL: www.mckinsey.com/ru/~/_media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability%20and%20Resource%20Productivity/Our%20Insights/Elements%20of%20success%20Urban%20transportation%20systems%20of%2024%20global%20cities/Urban-transportation-systems_rus_e-version.ashx (дата обращения 16.10.2018)
24. A.N. Rodrigues da Silva, M. da Silva Costa, R. A. Ramos, Development and application of I_SUM : an index of sustainable urban mobility// электронный ресурс URL: www.researchgate.net, URL: https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Nelson_Rodrigues_Da_Silva/publication/277124018_Development_and_application_of_I_SUM_an_index_of_sustainable_urban_mobility/links/55a4db0008aef604aa0403d1/Development-and-application-of-I-SUM-an-index-of-sustainable-urban-mobility.pdf (дата обращения 9.10.2018)
25. D. Stantchev, H. Gudmundsson, T. Rye, D. Sauter, J. Armoogum and C. Rydén, The CIVITAS CAPITAL indicator set – and beyond// Электронный ресурс, url:

- <https://nectar.cdvinfo.com/file/the-civitas-capital-indicator-set-and-beyond> (дата обращения 11.09.2018)
26. Urban Mobility Index 2.0//сайт всемирного союза работников общественного транспорта, URL: https://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20&%20UITP_Future%20of%20Urban%20Mobility%202%200_Full%20study.pdf (дата обращения 10.10.2018)
27. Methodological manual on city statistics: 2017 edition// сайт EUROSTAT, URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-GQ-17-006> (дата обращения 9.10.2018)
28. H. Gudmundsson, Indicators for Sustainable Urban Transport in Europe Overview and examples // Электронный ресурс, url: <https://www.unescap.org/sites/default/files/5.1%20%20Indicators%20for%20sustainable%20urban%20transport%20in%20Europe%20-%20Overview%20and%20examples.pdf> (дата обращения 11.09.2018)
29. Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным и городским наземным электротранспортом// сайт Минтранс России, Url: www.mintrans.ru/documents/7/6802 (дата обращения 22.10.2018)
30. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения// электронный ресурс, url: <http://vsegost.com/Catalog/67/6713.shtml>, (дата обращения 30.10.2018)
31. L.Wright, K.Fjelistrem, Mass Transit Options// сайт SUTP Международного союза работников общественного транспорта. URL: http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB3_Transit-Walking-and-Cycling/GIZ_SUTP_SB3a_Mass-Transit-Options_EN.pdf (дата обращения 12.11.2017)
32. Alternatives Analysis and Characteristics of Urban Transport Modes// Workshop and Training on Urban Transport Planning and Reform. Baku, April 14-16, 2009, url: <http://siteresources.worldbank.org/AZERBAIJANEXTN/Resources/301913-1241195959430/E04.pdf>, (дата обращения 20.11.2018)
33. Транспортные системы 24 городов мира: составляющие успеха//Электронный ресурс, url: www.mckinsey.com/ru/~/_media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability%20and%20

- 0Resource%20Productivity/Our%20Insights/Elements%20of%20success%20Urban%20transportation%20systems%20of%2024%20global%20cities/Urban-transportation-systems_rus_e-version.ashx (дата обращения 20.09.2018)
34. The Geography of Transport Systems// сайт <https://transportgeography.org>, url: https://transportgeography.org/?page_id=4805 (дата обращения 26.11.2018)
 35. S.K. Ribeiro, M.J. na Figueroa, F. Creutzig, C. Dubeux, Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future. Chapter 9 - Energy End-Use: Transport// электронный ресурс https://www.researchgate.net/figure/corridor-capacity-of-different-modes-of-transportation-people-hr-on-a-35-mile-wide_fig8_262030493 (дата обращения 19.11.2018)
 36. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities // ITDP.org: Institute for Transportation and Development Policy, url: <https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/Sustainable-Transport-Mass-Transit-Options.pdf> (дата обращения 26.04.2017)
 37. Хрипач Н.А., Шустров Ф.А., Петриченко Д.А. Анализ эффективности энергопотребления безрельсового пассажирского транспорта на базе тягового электропривода // Современные проблемы науки и образования. 2014, № 6; url: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15724> (дата обращения: 20.11.2018)
 38. Clean Hydrogen In European Cities// электронный ресурс, url: <http://chic-project.eu>, (дата обращения 5.04.2018)
 39. 100% Electric Bus Fleet For Shenzhen (Population 11.9 Million) By End Of 2017// электронный ресурс, URL: <https://cleantechnica.com/2017/11/12/100-electric-bus-fleet-shenzhen-pop-11-9-million-end-2017> (дата обращения 2.04.2018)
 40. The Hidden Traffic Safety Solution: Public Transportation //электронный ресурс, url: www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/APTA-Hidden-Traffic-Safety-Solution-Public-Transportation.pdf (дата обращения 21.11.2018)
 41. N. Jasmin. Safety performance comparison between light rail transit and subway by //электронный ресурс, url: <http://archives.njit.edu/vol01/etd/2010s/2013/njit-etd2013-003/njit-etd2013-003.pdf> (дата обращения 21.11.2018)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список публикаций по теме за 2018 год

1. Белый О.В., Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Экологические аспекты устойчивого развития высокоскоростного железнодорожного транспорта. СПб: Наука, 2018.
2. Белый О.В., Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Проблемы и перспективы применения альтернативных источников энергии для автомобильного транспорта // Транспорт: наука, техника, управление, 2018, № 3. С. 5-14.
3. Белый О.В., Барина Л.Д., Абрамов А.А. Проблемы электромагнитной безопасности на транспорте // Транспорт Российской Федерации, 2018, № 2 (75). С. 71-73.
4. Белый О.В., Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Пути повышения энергоэффективности и экологической безопасности городского автотранспорта // Транспорт Российской Федерации, 2018, № 4 (77). С. 37-42.
5. Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Роль городского общественного транспорта в достижении целей устойчивого развития Agenda 2030 // Тенденции развития науки и образования, Октябрь, 2018. Часть 8. 2018, № 43. DOI: 10.18411/lj-10-2018-193 idsp: 000001:lj-10-2018-193