

УМНЫЕ ГОРОДА: ТРАНСПОРТ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ОБЗОР

К.т.н. И.И. Потапов, М.М. Захарова, к.т.н. А.Г. Юдин
Всероссийский институт научной и технической информации РАН,
ipotapov37@mail.ru

SMART CITIES: TRANSPORTATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT. OVERVIEW

I.I. Potapov, M.M. Zakharova, A.G. Yudin

Города являются местом жительства более чем для половины мирового населения, и ожидается, что к 2050 г. это количество увеличится еще на 2,5 млрд. чел. Городское население сталкивается с возрастающим давлением на окружающую среду и инфраструктурными потребностями – и растущим спросом жителей на обеспечение лучшего качества жизни с приемлемыми затратами.

Устойчивая урбанизация рассматривается в настоящее время как один из ключей для поиска пути к устойчивому обществу. Как центральная парадигма устойчивой урбанизации экогород продвигается при содействии местной и международной политики как один из предпочтительных ответов на вызовы устойчивого развития. Утверждается, что как ожидается, стратегии экогорода приведут к положительным результатам с точки зрения обеспечения здоровой и пригодной для жизни среды обитания человека в сочетании с минимальным спросом на ресурсы и, следовательно, минимальным воздействием на окружающую среду.

Данный обзор составлен на основе отбора и изучения данных научных статей и обзоров зарубежных ученых и специалистов ряда стран мира в соответствии с выполнением планов научной деятельности ВИНТИ РАН.

1. ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА

В 2018 году большая группа специалистов из Международной консалтинговой компании **McKinsey&Company**¹ **MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE**² *Jonatan Woetzel, Jaana Remers, Brodie Boland, Katrina Lv, Suver Sinha, Gernot Strube, John Means, Jonathan Law, Andrés Cadena, Valerie von der Tann* в обзоре «**Умные города: цифровые технологии для более достойного будущего**» (**SMART CITIES: DIGITAL SOLUTIONS FOR A MORE LIVABLE FUTURE**) представила раздел по транспортной безопасности в городских условиях /1/.

¹ Международная консалтинговая компания, специализирующаяся на решении задач, связанных со стратегическим управлением, основанная в 1926 г., со штаб-квартирой в Нью-Йорке. Компания сотрудничает в качестве консультанта с крупнейшими мировыми компаниями, государственными учреждениями и некоммерческими организациями.

² Подразделение компании McKinseyCo, занимающееся исследованиями в области ведения бизнеса и экономики, основанное в 1990 г.

Транспортная безопасность и другие меры предосторожности

Интеллектуальные приложения могут помочь снизить количество дорожно-транспортных происшествий. Некоторые приложения, предназначенные для повышения мобильности, оказывают вторичное воздействие для уменьшения причиненного вреда. Вызов транспортного средства по Интернету или с помощью мобильного приложения, например, обеспечивает безопасную и удобную альтернативу не находиться за рулем автомобиля. По оценке авторов, это может снизить количество смертельных исходов при движении транспорта более чем на 1% в некоторых городах, в которых высокий уровень дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом, главным образом за счет сокращения вождения транспортного средства в нетрезвом виде или иным образом ограничено дееспособным³. Прекращение вождения транспортных средств на дорогах с помощью таких приложений как платеж за пользование перегруженными участками дорог может привести к снижению рискованного вождения на перекрестках дорог. Но самый большой потенциальный прорыв может иметь место, если технически доступны в продаже станут автономные транспортные средства (беспилотные) и будут применяться в достаточно большом масштабе.

Могут оказать воздействие также приложения, которые улучшают анализ нормы и правила управления и соблюдение законов (такие как нормы пожарной безопасности). В Новом Орлеане, например, применяются аналитические методы для данных Бюро переписи населения в США и предлагаются в план распределения сигналов пожарной тревоги для мест жительства, квалифицирующихся как подвергаемые высокому риску⁴. В Чикаго имеется небольшая группа инспекторов в области продовольственной безопасности. Которая контролирует тысячи ресторанов. В городе создан алгоритм для предсказания о том, какие из них с наибольшей вероятностью будут нарушать кодексы по вопросам охраны здоровья, и для более эффективного использования этих инспекторов. Муниципальные власти в Чикаго создали алгоритм, использующий инструментальные средства с открытым исходным кодом, и делится им на GitHub⁵, приглашая пользователей улучшить модель и сделать ее доступной для других городов. В Столичном

³ Для получения дополнительных доказательств по этому вопросу, см., например, Frank Martin-Buck, *Driving safety: An empirical analysis of ridesharing's impact on drunk driving and alcohol-related crime*, University of Texas in Austin, November 2016. Хотя и не включенные в классификацию авторов статьи беспроводные системы блокировки включения зажигания, это еще одно приложение, которое предотвращает вождение автомобиля с ограниченной дееспособностью. Эта технология может использоваться для предотвращения того, чтобы предыдущие нарушители DUI (управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения) или водители грузовиков, которые должны пройти тест на анализ содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе для ввода в действие своего транспортного средства. Компетентные органы получают уведомление, если приложение выходит из строя или делается попытка обмануть устройство.

⁴ Katherine Hillenbrand, "Predicting fire risk: From New Orleans to nationwide tools", Data-Smart City Solutions blog, datasmart.ash.harvard.edu/news/article/predicting-fire-risk-from-new-orleans-to-a-nationwide-tool-846, Ash Center at the Harvard Kennedy School of Government, June 2016.

⁵ Портал с открытым исходным кодом, который доступен для 28 млн. пользователей, желающих ознакомиться с проектами, разработанными в Чикаго.

округе Колумбия, Вашингтон этот алгоритм использован для создания инспекторского надзора за ресторанной безопасностью⁶. Департамент общественного здравоохранения Чикаго в партнерстве с университетом Чикаго разработал подход на аналитической базе для идентификации зданий, в которых дети могут подвергаться воздействию свинцовой краски⁷.

Вставка. Технологии и сценарии по наихудшему варианту

Если предупреждающие сигналы будут не замечены, после террористической атаки останутся сотни погибших. Следствием ураганов являются катастрофические наводнения и хаотическая эвакуация. Стихийные пожары, бушующие в городе, оставляют людям только минуты для спасения. Эти кошмарные сценарии трудно вообразить, но муниципальные власти не могут себе позволить быть застигнутыми врасплох, когда на кон поставлены жизни. Подготовленность, предупредительные меры и быстрое реагирование могут минимизировать затраты за аномальные явления или стихийные бедствия – и технологии могут оказать помощь во всех таких случаях.

Самой эффективной стратегией борьбы с террористической атакой является препятствование ей, прежде чем она состоится. Такие города как Пекин, Чикаго, Сантьяго и Сигапур установили обширную сеть видеокамер для мониторинга своих улиц на предмет подозрительного поведения. В настоящее время социальные медийные платформы облегчают возможность, и лучше чем когда-либо прежде, закоренелым преступникам организовываться, а для правоохранительной системы жизненно важно контролировать предупреждающие сообщения. Научно-исследовательские организации разработали алгоритмы, с помощью которых можно анализировать сообщения в социальных сетях для определения местоположений и идентификации людей, которые могут быть радикализированы⁸. Однако тенденция усиления наблюдения вызывает опасения в связи с “Большим братом”, всегда следящим за тобой и потенциальным использованием таких инструментов для подрыва гражданских свобод и препятствия свободе слова.

Города в настоящее время должны рассматривать массовые собрания как потенциальные цели. Полицейские управления могут использовать стационарные видеокамеры, дроны и технологии распознавания лиц для обследования угроз в больших скоплениях людей на транзитных станциях. Устройства со средствами самообучения начинают выделять индивидуальный голос из шума толпы людей. После взрывов на Бостонском марафоне 2013 г.⁹ исследователи перешли от изучения потока видеоматериалов, с использованием видеоаналитики к идентификации преступников. С помощью датчиков можно также определить такие опасности, как взрывчатые вещества, радиацию и биологические возбудители болезней.

Когда речь заходит о стихийных бедствиях, предоставление населению как можно больше предупреждающих сообщений может позволить людям

⁶ Julian Spector, “Predictive policing comes to restaurants”, *Atlantic*, January 7, 2016.

⁷ Eric Potash et al., “Predictive modeling for public health: Preventive childhood lead poisoning”, Proceedings of 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, Australia, August 10-13, 2015.

⁸ Catherine Caruso, “Can a social-media algorithm predict a terror attack?”, *MIT Technology Review*, June 16, 2016.

⁹ Террористический акт, произошедший 15 апреля 2013 г. на финише Бостонского марафона, в его зрительной зоне, когда с интервалом в 12 секунд произошло два взрыва, в результате которых погибли три человека и пострадали более 280 человек.

принимать меры предосторожности или эвакуироваться в случае необходимости. Достижения в системах спутникового слежения за ураганами и моделировании предсказаний погоды позволили резко повысить точность ранних предсказаний о пути движения ураганов¹⁰. Мексика и Япония внедрили системы раннего предупреждения о землетрясениях, которые могут дать людям секунды или даже минуты, для того чтобы добраться до самого безопасного места поблизости. Некоторые новые системы раннего предупреждения дадут возможность остановки и открытия лифтов на ближайшем этаже, чтобы люди не оказались в ловушке, направить предупреждающее сообщение в операционную больницы и перекрыть поток природного газа в газопроводе, чтобы снизить риск возникновения пожара¹¹. Сходные усилия прилагаются для разработки систем, которые предоставят жителям более достоверные предостережения о надвигающихся ураганах.

Тысячи звонков об оказании помощи могут превысить городские ресурсы и ограничить возможности первого эшелона реагирования на чрезвычайные ситуации, а из-за недостаточного обмена информацией между агентствами и соседними юрисдикциями предпринимаемые усилия могут застопориться. Центры управления с индикаторной панелью с большим объемом данных и средствами для визуализации данных могут помочь органам власти проводить быстрый мониторинг развития ситуации, распределять оказание помощи в случае необходимости и координировать работу множества агентств. Все чаще используются дроны для обследования опасностей на больших территориях, в то время как роботы начинают оказывать помощь в поисково-спасательных операциях. В США AT&T¹² недавно принял предложение создать FirstNet, интерперабельную сеть для улучшения обмена информацией между первыми эшелонами реагирования.

В случае чрезвычайных ситуаций люди в настоящее время остаются привязанными к своим смартфонам. Если раньше города полагались на средства массовой информации для информирования населения об опасности. В настоящее время они дополняют это усилиями с использованием каналов социальных сетей, таких как Фейсбук или Твиттер. Поток информации направляется двумя способами, когда население получает обновляемую в реальном масштабе времени информацию в цифровой форме, которая позволяет руководящим органам оценить опасность и привлечь ресурсы. Города могут использовать краудсорсинговые данные (данные, собранные от граждан через онлайн-платформы) от Твиттера, Waze (крупнейшее навигационное приложение, поддерживаемое на общественных началах) или специально разработанных веб-сайтов и мобильных приложений для составления картины того, какие маршруты эвакуации являются удовлетвори-

¹⁰ См., например, Peter Bauer, Alan Thorpe, and Gilbert Brunet, “The quiet revolution of numerical weather prediction”, *Nature*, volume 525, September 2015, и Alan Burdick, “Our weather-prediction models keep getting better, and Hurricane Irma is the proof”, *The New Yorker*, September 2017.

¹¹ Shelby Grad and Rong-Gong Lin II, “Mexico got early warning before deadly earthquake struck. When will California get that system?”. *Los Angeles Times*, September 8, 2017.

¹² Американский транснациональный телекоммуникационный конгломерат, основанный в 1983 г., со штаб-квартирой в г. Даллас, штат Техас.

тельными, где отсутствуют возможности и не переполнены ли отдельные убежища. Во время урагана Харви¹³ город Хьюстон работал с группой местных технически подготовленных добровольцев с активной гражданской позицией для обмена с помощью Google Sheets (бесплатный сервис, разработанный компанией Google) с социальными сетями таким образом, чтобы люди, которые нуждались в убежище или знают о ком-то, кто находится в затруднительном положении, могли сообщить об их точном местонахождении и конкретных потребностях. Эти данные были конвертированы в краудсорсинговую карту Google, которую как первый эшелон реагирования, так и владельцы лодки добровольцев “Cajun Navy¹⁴” использовали для прочесывания всей городской агломерации¹⁵.

Некоторые самые крупные технологические платформы представили новые инструменты для действий в чрезвычайных ситуациях, такие как Facebook’s Safety Check¹⁶ и Nextdoor’s Urgent Alert (сообщение особого типа, которое с помощью смс или по электронной почте посылается в сообщество пользователей Nextdoor в случае чрезвычайных ситуаций). В компании Google имеется специальная группа реагирования на кризисные ситуации, которая интегрирует информацию о неотложных потребностях, ресурсах и пожертвованиях на картах, сигналах тревоги, сайтах и других средствах для оказания помощи пострадавшему населению и агентствам по оказанию помощи. Программа Airbnb’s Open Homes формирует и укомплектовывает группы из местного населения для оказания помощи и предоставляет бесплатные жилые помещения на небольшой срок для людей, потерявших жилье при стихийных бедствиях.

Время и удобства: технологии умного города могут ускорить ежедневные поездки на работу и с работы и уменьшить раздражение

Время является драгоценным товаром, и при рассмотрении проблемы экономии времени для среднего городского жителя авторы в основном акцентировали внимание на ежедневных поездках на работу и с работы. Некоторые цифровые приложения могут упростить взаимодействия с правительством (такого типа как оплата налогов и регистрация транспортных средств) и с лечебно-профилактическими учреждениями. Но эти воздействия намного меньше, так как такие взаимодействия не являются частыми, когда речь идет о среднем гражданине. Ежедневные поездки на работу и с работы занимают такую большую долю времени для среднего человека, что они гораздо более значимы при рассмотрении возможностей экономии этого времени.

¹³ Тропический циклон, который в результате сильных дождей вызвал катастрофические наводнения на юго-востоке штата Техас в августе 2017 г.

¹⁴ Неформальные специальные группы добровольцев, в том числе и владельцы лодок, которые оказывали помощь и спасали пострадавших в 2016 г. от урагана Катрина в штате Луизиана, а годом позже – во время урагана Харви в штате Техас.

¹⁵ Chris Bosquet, “Data-driven emergency response: Learning from Hurricanes Harvey and Irma”, Data-Smart City Solutions blog, Ash Center at the Harvard Kennedy School of Government, October 3, 2017.

¹⁶ Кризисное реагирование компании Фейсбук, приложение, с помощью которого можно найти информацию о недавних чрезвычайных ситуациях, найти помощь или предложить ее людям, находящимся в зоне бедствия, а также сделать пожертвование.

Ежедневные поездки на работу и с работы являются также и основным определяющим фактором качества жизни. Так как городское население быстро растет, транспортное движение часто замедляется до малого хода, а транзитная инфраструктура может растянуться до предела. Исследования демонстрируют, что более длительные ежедневные поездки на работу и с работы коррелируются с низкой удовлетворенностью жизни и даже с возрастающим риском тревоги, неудовлетворительной физической формой, тучностью, высоким давлением крови и другими физическими недугами¹⁷. Такие данные не являются удивительными для миллионов городских жителей, совершающих ежедневные поездки на работу и с работы в таких разных городах как Джаккарта, Бангалор, Рио-де-Жанейро, Найроби, Сеул и Атланта – людей, которые каждый день начинают и заканчивают свой рабочий день в транспортных средствах, выбрасывающих выхлопные газы, или едущих в переполненных автобусах. Для самых бедных жителей характерна тенденция совершать самые утомительные поездки, так как высокая стоимость жилья вынуждает многих из них жить на окраинах.

Города могут воспользоваться нынешней волной инноваций в области мобильности при решении не только проблемы времени для поездок на работу и с работы, но также и других аспектов повседневной жизни, таких как комфорт, цены и справедливый доступ. Помимо приложений для мобильности, растущее принятие частным сектором работы в дистанционном режиме, может освободить большее количество работников от затруднительных ежедневных поездок на работу. Предоставление возможности совершать более эффективные, менее стрессовые поездки на работу и с работы и больших вариантов дать людям выбор места жительства и больше свободного времени, уменьшив нагрузку на работу местной экономики.

Понимание потенциального воздействия и того, как оно меняется в разных городах

К 2025 г. города, в которых будет внедрен весь диапазон интеллектуальных приложений мобильности, получат возможность сократить среднее время поездок на работу и с работы на 15-20%, а для некоторых работников будет еще большее сокращение. Для среднего человека, ежедневно совершающего такие поездки, это можно перевести в 15-20 мин экономии времени в течение рабочего дня, или в 2-4 часа в течение года.

Показано потенциальное воздействие каждого приложения в трех различных городах, включая город с высокой плотностью населения с высоким доходом и с обширной существующей транзитной инфраструктурой, и два города с низким доходом с инфраструктурным разрывом различной степени. Продемонстрировано, что потенциальное воздействие каждого приложения меняется в значительной мере, в зависимости от стартовой точки каждого города с точки зрения дорожных пробок, масштаба и качества существующей транзитной инфраструктуры и преобладающего вида

¹⁷ См., например, Margo Hilbrecht, Bryan Smale, and Steven E. Mock, “Highway to health/ Commute time and well-being among Canadian adults”, *World Leisure Journal*, volume 56, number 2, 2014; Christine M. Hoehner, Carolyn E. Barlow, Peg Allen, and Mario Schootman, “Commuting distance, cardiorespiratory fitness, and metabolic risk”, *American Journal of Preventive Medicine*, volume 42, number 6, June 2012; и Alois Stutzer and Bruno S. Frey, “Stress that doesn’t pay: The commuting paradox”, *The Scandinavia Journal of Economics*, volume 110, issue 2, June 2008.

транспорта для совершения ежедневных поездок с работы и на работу. Базовые стартовые точки меняются весьма значительно. В городе с высоким доходом с хорошо используемым метро и организованным движением транспорта среднее время поездок на работу и с работы может занять 45 мин в рабочий день. Это время возрастает почти до 1,5 часа каждый день в быстро развивающемся городе, в котором нет метрополитена, многие люди пользуются микровавтобусами, а транспортное движение сопровождается транспортными пробками.

В общем, города с уже масштабной и хорошо используемой транзитной системой получают выгоду от приложений, которые улучшают условия поездок для пассажиров, таких как обновленная информация о состоянии на дорогах в реальном масштабе времени. Техническое обслуживание по текущему состоянию особенно полезно в городах с метрополитеном, так как при остановке из-за неисправности одного поезда остановится много последующих поездов. Системы с цифровой оплатой являются эффективными в случае переполненных автобусов, так что пассажир, который роется в кармане в поисках денег для оплаты, больше не будет задерживать остальных пассажиров. В городах, в которых доминируют поездки на личных автомобилях, самая большая выгода будет получена от приложений, которые позволяют снизить угрозу дорожных пробок, таких как интеллектуальные сигналы регулирования уличного движения и умные парковки.

Специалисты из Швеции *Симон Элиас Бибри*¹⁸ (*Simon Elias Bibri*), *Джон Крогсти*¹⁹ (*John Krogsjö*) **представили обзор «Стратегии и решения умного экогорода для устойчивости: Случаи Королевского морского порта в Стокгольме и Западного порта в Мальмё» (3 марта 2020 г.) «Smart Eco-City Strategies and Solutions for Sustainability: The Cases of Royal Seaport, Stockholm, and Western Harbor, Malmö, Sweden» Urban Science, MDPI**²⁰, Case Report /2/. Из этого обзора представляем материалы по проблемам транспорта.

Устойчивый транспорт

Устойчивый транспорт - ключевая стратегия достижения экологически безопасных и устойчивых городских форм путем предоставления услуг, которые приносят экологические и социальные выгоды и создают баланс между потребностями людей в мобильности и доступности, а также качеством окружающей среды и благоприятными условиями для жизни в районе.

В качестве ключевого компонента устойчивого транспорта система общественного транспорта включает в себя как физическую инфраструктуру, включая дороги, железнодорожные пути, тротуары и пешеходные дорожки, так и уровень, и качество услуг, предоставляемых гражданам, например, большую частоту движения автобусов и поездов и более быстрое время в пути. Система общественного транспорта в Стокгольме и Мальмё рассмат-

¹⁸ Доцент кафедры информатики и кафедры архитектуры и планирования Норвежского университета естественных и технических наук, Тронхейм.

¹⁹ Профессор кафедры информатики Норвежского университета естественных и технических наук, Тронхейм.

²⁰ Многопрофильный издательский институт, основанный в 2010 г. в Швейцарии, публикующий журнальные статьи с открытым доступом по биологии, химии, медицине, информатике, математике, химии и материаловедению, экологии.

ривается как один из наиболее важных факторов, способствующих реализации концепции SRS (Королевский морской порт) и Западного порта, соответственно. Действительно, для создания экологически безопасного и устойчивого городского района необходимо повысить мобильность и доступность за счет улучшения транспортной инфраструктуры. Планируется, что транспортная система будет улучшена путем создания новых связей, расширения существующих сетей и влияния на привычки и передвижения.

В SRS были запланированы и реализуются несколько соединений общественного транспорта, таких как метро, автобусы, трамваи и паромные переправы, и будут сделаны огромные инвестиции в эффективный общественный транспорт внутри SRS [65]. Станция метро Ropsten (Ропстен²¹) уже работает вместе с несколькими существующими маршрутами городских автобусов в SRS. Наряду с системой общественного транспорта будут проложены важные пешеходные и велосипедные дорожки/велосипедные дорожки, соединяющие SRS с предприятиями и торговыми центрами [65]. Район SRS доступен для пеших прогулок и подходит для велосипедистов. Он находится примерно в 8-10 минутах езды на велосипеде от центрального железнодорожного вокзала города. Точно так же есть планы строительства новых велосипедных мостов, соединяющих Западный порт с центральной частью города, а MalmöExpressen (мини поезда) представляет собой значительное улучшение пропускной способности и комфорта для поездок на автобусе в Западный порт и обратно, в дополнение к другим приготовлениям, проводимым для будущего трамвайного сообщения [69]. Кроме того, в [69] утверждается, что, поскольку устойчивое путешествие влечет за собой меры, связанные с физическим планированием и влиянием на поведение, требуется работа на нескольких различных уровнях, включая развитие хороших физических условий для людей, чтобы они могли выбирать пешие прогулки, езду на велосипеде или поездки на общественном транспорте, а также оказать влияние на поведение.

SRS стремится на всей своей северной, средней и южной частях уделять приоритетное внимание пешеходным, велосипедным маршрутам и общественному транспорту, обеспечивая интегрированную сеть пешеходных дорожек, велосипедных дорожек и парковок, а также расширяя несколько маршрутов общественных автобусов и трамвайные пути. Ключевой стратегией устойчивого городского развития, определяющей программу устойчивого развития SRS, является “доступность и близость”. В этом отношении в [66] утверждается, что предварительным условием транспортного планирования в SRS является внедрение транспортной иерархии, где прогулки и езда на велосипеде становятся более удобными из-за близости к местным услугам, а также четкой связи между районом и целостной городской структурой. Пешие прогулки и езда на велосипеде связаны с непосредственной близостью к магазинам, удобствам и объектам в плотных и разнообразных городских районах. Однако иерархия трафика, реализованная SRS, выглядит следующим образом [70]:

- Пешие и велосипедные прогулки,
- Общественный транспорт (метро, автобусы, трамвай, небольшие суда),
- Совместное поочередное пользование транспортными средствами (на биогазе и электромобили),
- Частные автомобили (на биогазе и электромобили).

²¹ Конечная станция Стокгольмского метрополитена, расположенная на Красной линии, на открытом воздухе, в районе Хёргартен.

Эта иерархия движения и другие схемы коммуникации призваны предоставить жителям SRS возможность перейти к устойчивой транспортной системе. Как подтверждает один транспортный планировщик:

“Жители SRS выразили приверженность и признательность за пешие прогулки, езду на велосипеде и в общественном транспорте, особенно они довольны новыми улучшениями транспортной инфраструктуры, а также тем, что SRS находится в непосредственной близости от центра города”. Планы новых связей и соединений, хороший доступ к общественному транспорту, хорошая доступность парковки для велосипедов, улучшенные пешеходные дорожки и соответствующая парковка с ограниченным доступом, отдавая приоритет пешеходным и велосипедным движениям, являются стимулами, которые планируются ввести в практику по мере развития района с точки зрения его строительства. Хотя эти стимулы имеют решающее значение для перехода к более устойчивой транспортной системе в районе SRS, окончательный результат еще предстоит увидеть, то есть, будут ли отменены или нарушены некоторые части плана.

В SRS, например, первоначально планировалось ввести расширение трамвайной линии в этом районе после завершения первого этапа строительства, но этого так и не произошло в течение 2012 г., когда первые жители переехали в этот район в 670 новых жилых домов, которые были построены. Продление трамвайной линии до SRS отложено до 2020 г. [85]. Однако важно, чтобы общественные виды транспорта присутствовали в районе с самого начала, чтобы сместить модели передвижения от использования личных автомобилей [86]. В противном случае это может повлиять на привычки жителей в поездках, поскольку они станут зависимыми от автомобилей для передвижения. Это было продемонстрировано в районе Hammarby Sjöstad и поднято как проблема при оценке района как аспект, который следует улучшить и включить в будущие проекты городского развития [16].

Ограниченная парковка была первоначально введена в Hammarby Sjöstad, но ситуация изменилась после давления со стороны жителей, чтобы они соответствовали парковочным местам в других частях Стокгольма [16]. Растущее предпочтение жителей использовать частные автомобили привело Hammarby Sjöstad к увеличению количества парковочных мест с 0,4 до 0,7 на квартиру. Аналогичные опасения могут возникнуть по поводу ограничений на парковку автомобилей в SRS. Кроме того, существует риск того, что жители будут парковаться за пределами района, что может иметь последствия для окружающих частей, не связанных с более строгими правилами парковки, установленными в SRS [47].

Тем не менее, SRS предпринял особые усилия, направленные на изменение поведения граждан, столь же важное, как и обеспечение инфраструктуры для мобильности и доступности в пределах округа [66]. Чтобы побудить жителей SRS избегать использования личных автомобилей, запланированы ограничения на парковку, в соответствии с которыми количество парковочных мест на территории будет ограничено до 0,5 парковочных мест на квартиру [47].

Также планируется предоставить большее, чем среднее количество парковочных мест для велосипедов, 2,2 места на квартиру [70]. Этот район также планируется связать с остальной частью города с помощью продолжения центральной городской трамвайной линии [85]. Тем не менее, недавно открытая автомагистраль Norra länken, которая является одним из крупнейших в Швеции проектов по развитию автомобильных дорог, поднимает вопрос о том, можно ли успешно реализовать устойчивую транспорт-

ную систему в этом районе с точки зрения сокращения использования автомобилей, поскольку близость к этому новому Дорога может стимулировать передвижение на автомобиле благодаря легкости доступа к дорожной сети [47].

Кроме того, примеры интеллектуальных транспортных решений, принятых в Стокгольме, включают автоматическое предоставление приоритета общественному транспорту: использование умной системы светофора для определения приоритетов движения различных видов транспорта (общественный транспорт, автобусы с большим количеством пассажиров, аварийные службы и т.д.). К 2040 г. город стремится обеспечить максимально 3-х минутное время ожидания для общественного транспорта и 100% общественного транспорта Стокгольма без водителей [87].

Как и в SRS, основу транспортной системы Западного порта как экологически чистого района составляют пешие прогулки, езда на велосипеде и общественный транспорт. Район Западного порта основан на экологически безопасном транспортном подходе, поскольку в нем предусмотрено множество различных видов услуг и отдыха, чтобы уменьшить потребность в транспорте, а также поощряется использование экологически чистых видов транспорта, а пешеходы и велосипеды имеют приоритет в площадке [76]. Общественные места Западного порта, в основном закрытые для автомобилей, предоставляют множество возможностей для езды на велосипеде и прогулок по приятным маршрутам. Согласно документу [76], «автомобильм не позволено доминировать, правят пешеходы». Автобусные остановки находятся на расстоянии 300 м от квартир. Автобусы, которые соединяются с несколькими основными центральными точками города, курсируют с семиминутными интервалами». Количество пассажиров в районе Vo01 примерно такое же, как в среднем по городу [88], а расстояние до автобусной остановки находится в пределах 1500 футов, с автобусами, курсирующими по семиминутному расписанию [76]. В рамках городской цели по сокращению поездок жителей Мальмё на автомобиле до 30% долгосрочная цель Западного порта заключается в том, чтобы пешие прогулки, езда на велосипеде и общественном транспорте составляли не менее 70% поездок на работу и 75% поездок жителей. к 2031 г. [69]. В городе Мальмё 30% всех поездок совершаются на велосипеде и 40% поездок на работу или в школу совершаются на велосипеде [89].

Для одного и того же количества путешественников требуются разные площади в зависимости от вида транспорта (велосипед, автобус, автомобиль и т. д.). В связи с этим город Мальмё (2015) [69] определил десять инициатив (табл. 1) и разработал стратегии продолжения работы.

Многоэтажные автостоянки в качестве парковочного решения были предложены в результате беспокойства, поднятого в районе Vo01. Богатый образ жизни многих жителей в районе Vo01 привел к большему количеству владельцев автомобилей, чем ожидалось, что впоследствии привело к строительству многоэтажной автостоянки в районе Западного порта [69]. Было сложно определить количество места, необходимого для парковки, так как спрос на парковку был недооценен. Тем не менее, количество парковочных мест на семью по-прежнему невелико по сравнению со средним показателем Мальмё: соотношение 0,7 по сравнению с 1,1. Кроме того, город Мальмё успешно реализовал пилотные проекты с автомобильными и велосипедными пулами в партнерстве с владельцами недвижимости и застройщиками в Западном порту, но схема сдачи в аренду электромобилей была отменена в районе Vo01, поскольку парк, который был доступен для жителей, никогда не пользовался успехом [69].

Десять инициатив по влиянию на поведение и формирование фактической структуры. Источник: [69].

Влияние на поведение и диалог	Фактическая структура для ходьбы, езды на велосипеде и общественного транспорта
<ol style="list-style-type: none"> 1. Сообщение о подходе города к транспорту и распространению информации. 2. Активизация инициатив по управлению мобильностью, связанные с компаниями и рабочими местами. 3. Активизация инициатив по управлению информацией и мобильностью, связанных с жильем. 4. Разработка способов предоставления информации об устойчивых путешествиях к посетителям. 5. Активное участие в экологической сертификации застройщиков. 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Велоспорт должен быть видимым и приоритетным. 7. Короткие, безопасные и удобные для пешеходов. 8. Быстрый, вместительный общественный транспорт, 9. Движение транспортных средств с гуманитарной точки зрения. 10. Многоэтажные автостоянки как парковочное решение.

Поощряя отдельных владельцев автомобилей не пользоваться своими автомобилями, удастся снизить общее количество транспортных средств на дорогах. Но умные технологии могут достичь многого только, если город полностью заблокирован дорожными пробками и не имеет достаточного количества дорог или альтернатив в виде общественного транспорта. Исключительно важно для городов разрабатывать комплексные стратегии мобильности и инвестировать в основополагающие системы.

Следует отметить, что представленная выше экономия времени является скромной оценкой. Если расширить временные рамки этого исследования до 2030 г., можно предполагать, что у городов имеется еще больший потенциал, чем это было продемонстрировано в типичных примерах. Несколько ставших недавно доступными приложений (таких как микротранзит по заказу и интеллектуальная контейнерная доставка товаров, купленных по Интернету) прошли только демонстрационную проверку или имеют возможности для дальнейших улучшений. Дополнительные выгоды появятся с течением времени совершенно неожиданно. Уменьшение степени дорожных пробок, например, может позволить некоторым рабочим перемещаться дальше от работы в районы с доступным жильем. Городская мобильность вступает в период резких изменений и инноваций

Авторы исследования выявили, что некоторые из наиболее широко рекламируемых приложений мобильности оказывают ограниченное воздействие на среднее время поездок на работу и с работы, хотя они относятся к другим аспектам повседневной жизни. Платеж за пользование перегруженными участками дорог, например, может снизить перегруженность дорог из-за пробок в часы пик, но это обычно склоняет людей пользоваться менее быстрыми видами транспорта. Здесь воздействие связано не с экономией времени, а скорее со снижением уровня шума, загрязнений и количества дорожно-транспортных происшествий. Заказ транспортных средств по Интернету или с помощью мобильных приложений в действительности может

привести к увеличению количества транспортных средств и ухудшению ситуации с дорожными пробками²². Но при этом пропадает стресс у пассажиров, которые вынуждены бы ехать сами, позволяя им сосредоточиться на деятельности, которая не была бы возможна, когда они находятся за рулем, и предлагается более безопасная альтернатива для людей, которые себя неважно чувствуют, или слишком устали за рулем. Совместное использование велосипедов или транспортными средствами имеет низкий потенциал принятия для поездок на работу в городской центр или как решение проблемы “последней мили” для дополнения транзита. Но совместное использование велосипедов может содействовать физической активности, в то время как совместное использование автомобилями может снизить затраты на проживание для тех, кто предпочитает не покупать собственный автомобиль.

Общественный транспорт

В большинстве городов в странах с высоким уровнем развития экономики имеется метрополитен или системы легкорельсового транспорта, построенные десятки лет назад. Многие с течением времени становятся перегруженными – а добавка новых линий или дополнительных поездов является дорогостоящей перспективой. В Нью-Йорке, например, почти половина тех, кто ежедневно едет на работу или учебу, пользуются метро²³. Но сказывается возраст системы. В последние годы ухудшилась ситуация с задержками вследствие аварий, недостаточно технического обслуживания и времени, которое тратится для посадки и высадки пассажиров²⁴.

Технологии умного города могут содействовать росту инвестиций в транзитную инфраструктуру, помогая городам получить больше от своих имеющихся активов или включить интеллектуальные средства в расширение и в новые активы. Добавка датчиков Интернета вещей к существующей инфраструктуре может помочь ремонтным бригадам выполнять техническое обслуживание в зависимости от состояния оборудования, решая проблему до того, как может произойти авария или задержка. Сбор и анализ данных о пользовании общественным транспортом и движении транспорта может помочь городам принимать лучшие решения об изменении автобусных маршрутов, установке сигналов для регулирования движения транспорта и линиях поворота, добавлении велосипедных дорожек и определении бюджетов инфраструктуры.

Информация в режиме реального времени о маршрутах и времени прибытия может представляться на электронных информационных табло или с помощью мобильных приложений. Это дает возможность пассажирам внести коррективы по ходу поездки; они могут понять, что придется долго ждать следующего экспресса, например, т они могут пересечь на местный поезд, который останавливается на той же самой платформе или пересечь на другую линию. Представление информации о различных видах транс-

²² По этой позиции имеются ограниченные данные, см., например, Regina L. Clewlow and Gouri Shankar Mishra. The adoption, utilization, and impacts of ride-hailing in the United States, Institute of Transportation Studies, University of California-Davis, October 2017.

²³ US Census Bureau, American Community Survey, 2016.

²⁴ См., например, Emma G. Fitzsimmons, Ford Fessenden, and K.K. Rebecca Lai, “Every New York City subway lines getting worse. Here’s why”. *New York Times*, June 28, 2017.

порта на одном экране дает людям еще большую возможность избежать задержек и найти самый быстрый маршрут перед тем, как они будут выезжать. В Хельсинки, например, пользуются мобильным приложением Whim к смартфону, которое позволяет пользователям ввести пункт назначения, найти самый быстрый маршрут с помощью любого сочетания видов транспорта и платить за поездку, и все это с помощью приложения²⁵.

Много существующих транзитных систем являются безбилетными с комплексными системами цифровой оплаты. Система Транспорт для Лондона, например, принимает бесконтактные платежи; пассажиры могут просто воспользоваться своей смарткартой Oyster²⁶, специально изготовленные банковские карты, или мобильные телефоны на турникетах в метро или турникеты при посадке в автобус. Для этого требуются инвестиции в новую платежную инфраструктуру, но следует отметить, что снижается текущая величина стоимости собираемых доходов²⁷. Другие города обратились к мобильным билетам; пассажиры просто могут производить оплату с помощью приложения Houston's new METRO Q, (система легкорельсового транспорта в г. Хьюстон, управляемая компанией METRO), например²⁸.

Транспортное движение

Технологии могут помочь смягчить ситуацию в связи с пробками на автомобильных дорогах. Интеллектуальные сигналы для регулирования уличного движения, например, позволяют предотвратить дорожные пробки на перекрестках. Система навигации в режиме реального времени извещает водителей о дорожно-транспортных происшествиях, строительстве и заторе движения и помогает им выбрать самый быстрый маршрут. Приложения для умной парковки указывают им непосредственно наличные места, помогая избежать бессмысленной траты времени блуждания по городским кварталам – это то, что для всех снижает вероятность образования дорожных пробок. Такие приложения, как платеж за пользование перегруженными участками дорог имеют своей целью облегчения транспортного движения путем противодействия вождению, особенно в течение часов пик. Интеллектуальная система доставки товаров первой и последней мили и доставка сборных грузов (которая динамически согласовывает имеющиеся грузоподъемности грузовиков с потребностями в доставке) может сократить количество грузовиков, создающих дорожные заторы на улицах.

Города, в которых автобусы являются основным видом общественного транспорта, также выиграют от этих мер дорожного движения. Существенная доля населения находится в полной зависимости от автобусов во многих городах развивающихся стран, но взрывной рост населения в сочетании с неудовлетворительным качеством автомобильных дорог и слишком малым количеством сигналов для регулирования движения, может существенно

²⁵ Nanette Barnes, “Helsinki hopes this app will make people ditch their cars”, *MIT Technology Review*, November 2017.

²⁶ Пластиковая смарт-карта, которую можно использовать для оплаты проезда.

²⁷ “Redesigning the public transportation experience: London’s contactless card system”, McKinsey.com, October 2017.

²⁸ Julian Spector, “Houston gives transit riders a quicker way to pay”, CityLab blog, February 29, 2016.

усложнить ситуацию. В Боготе, например, на Transmilenio²⁹ и обычную автобусную систему приходится более 60% поездок на работу и с работы автотранспортными средствами, в то время как только 20% - на личные автомобили – и в среднем это приводит к тому, что у людей более часа уходит на то, чтобы при сложных условиях движения добраться до работы³⁰.

Наличие достаточного доступа к надежным альтернативам общественного транспорта является необходимым условием для приложений, которые побуждают людей отказаться от частных транспортных средств и перейти на использование других видов транспорта. В случае применения приложений для перехода на другие виды транспорта они могут иметь несколько уровней воздействия: не только сокращение времени поездок на работу и с работы, но одновременно и улучшение качества воздуха и сокращение выбросов парниковых газов. Города могут создавать некоторые альтернативы, добавляя новые варианты для дополнения существующей транспортной инфраструктуры. Микротранзит по запросу, который согласовывает поездку пассажиров по сходным маршрутам на микроавтобусах, является одним из вариантов. Он может оказаться более жизнеспособным и экономически эффективным, чем создание традиционных инфраструктурных систем в недостаточно обслуживаемых кварталах – в особенности, если услуги координируются в масштабе города для достижения максимальной эффективности маршрутизации.

Вставка. Быстрая и впечатляющая трансформация городской мобильности

Новые формы совместного использования транспортных средств, включая совместное использование автомобилей, заказ транспортных средств по Интернету или с помощью мобильных приложений, уже стартовали в городах всего мира. Поэтому авторы данного исследования включили среди других приложений умного города в свои прогнозы. Но это только признак того, что предстоит еще большие изменения. Автономные транспортные средства, которые были предметом научной фантастики, начали появляться на дорогах. Самоуправляемые такси уже передвигаются по улицам Сингапура, и прошли их демонстрационные испытания во многих других местах. На горизонте даже летающие автомобили и такси³¹. Несколько ключевых тенденций, не только платформы совместного использования транспортных средств, но также и электромобили, недорогие аккумуляторные батареи, Интернет вещей, и в конечном итоге автономные транспортные средства двигаются по сходящимся направлениям. В результате городская мобильность, вероятно, будет иметь совершенно новый вид всего за 10-15 лет.

²⁹ Транспортное предприятие Третьего тысячелетия, или транспортная система типа скоростного автобусного транспорта, обслуживающая столицу Колумбии, Боготу, основанное в 1998 г.

³⁰ Camila Rodriguez et al., *Bogotá's bus reform process: Accessibility & affordability effects, lessons learnt & alternatives to tackle informal services*, World Bank, August 2016.

³¹ По сообщению агентства Bloomberg, в рамках одобренного правительством ФРГ проекта Urban Air Mobility (Городская аэромобильность) компании Audi и Airbus SE планируют провести в городе Ингольштадт, федеральная земля Бавария, испытания летающего такси.

Города, находящиеся на переднем крае этих тенденций, окажутся в состоянии поставить себе на службу эти технологии, предлагая непрерывную мобильность, которая будет доводить людей от двери к двери по запросу, объединяя общественный транспорт с высоким качеством с совместным использованием автономных транспортных средств. Совместное использование транспортных средств происходит более интенсивно, что улучшает экономикку электромобилей – критический этап развития, так как они могут стать одним из важнейших путей за сокращение выбросов парниковых газов. Города могут быть в состоянии удерживать или уменьшать общее количество транспортных средств на дорогах даже при росте населения³².

Более широкое принятие автономных транспортных средств труднее будет достичь в развивающихся городах вследствие различных препятствий: неудовлетворительная дорожная инфраструктура, множество транспортных средств и пешеходов на дорогах и более хаотичные условия движения транспорта. Жители городов с высоким доходом, в которых развитие привело к беспорядочному росту, по-видимому, скорее всего будут использовать по максимуму автономные транспортные средства – и фактически самоуправляемые автомобили могут вызвать дальнейшее расширение пригородов и пригородных поселков. Города с высокой плотностью населения и высоким доходом, по-видимому, станут самыми лучшими лабораториями для внедрения устойчивой мобильности для различных видов транспорта.

Автономные транспортные средства могут оказать еще большее воздействие на безопасность, чем на время поездок на работу и с работы. Анализ авторов публикации позволяет предположить, что потенциально они могут снизить смертность при дорожно-транспортных происшествиях на такую большую величину как 25% к 2025 г., так как видеорекамеры и компьютеры не подвержены таким сбоям в работе, которые могут быть вызваны ошибками человека. Но предстоит справиться с множеством проблем, для того чтобы автономные транспортные средства достигли такого потенциала. Сюда следует включить сбои в работе программного обеспечения, защиту от злонамеренных действий хакеров, вопросы ответственности и безопасности, в особенности в связи с тем, что эти транспортные средства будут появляться в непредсказуемых реальных условиях вместе обычными водителями и пешеходами. Чистое воздействие на время, потраченное для поездок на работу и обратно, вероятно, будет умеренным, так как улучшения движения потока транспорта будут сочетаться с дополнительными заторами, если население будет активно пользоваться таким видом мобильности. Даже если время поездок не будет снижаться, однако, условия поездок могут улучшиться, если те, кто совершает поездки на работу и с работы, не будут сконцентрированы на дороге, а смогут читать, работать или развлекаться. В особенности в сочетании с совместным использованием и электрификацией автономные транспортные средства могут стать разрушительной силой в городской мобильности.

Невозможно точно предсказать, как эти изменения будут развиваться и изменять жизнь городских жителей. В значительной мере воздействие зависит от инноваций в частном секторе, продолжающихся технических

³² *An integrated perspective on the future of mobility*, McKinsey & Company and Bloomberg New Energy Finance, October 2016, explores various scenarios for adoption.

усовершенствований и нормативной системы на уровне страны или штата. Но города не должны дожидаться того, какая будет мобильность в будущем. Они могут принять решение о том, каким образом автономные транспортные средства смогут вписаться в план комплексной мобильности, которая включает традиционный общественный транспорт и дорожную инфраструктуру, возможно, с привлечением усилий партнеров из частного сектора.

Городские руководители также принять решение продвигаться еще дальше, например, оказывая содействие совместному использованию автомобилей, санкционированию ночных доставок или распределению специальных полос для самоуправляемых автомобилей. Различные города могут сделать свой собственный выбор того, какое будущее они хотят. На одной части спектра будут города, которые станут относиться с предосторожностью или противодействовать изменениям, в то время как другие города могут предпринимать смелые шаги, такие как запрет на въезд в центр города частным автомобилям. В их распоряжении имеется широкий набор политических инструментов: они могут устанавливать круг обязанностей, стимулы, субсидии и нормативы; они могут заменить муниципальный парк транспортных средств и поддерживать создание инфраструктуры для зарядки электромобилей. Города должны хорошо взаимодействовать с населением, так как они намечают свой путь реализации и решают проблемы, относящиеся к безопасности, занятости и доступности.

В конечном итоге широкое принятие технологий автономного вождения может предложить более комфортабельный, удобный и доступный путь для городских жителей, чтобы добраться от пункта А в пункт В – и поскольку широко распространенные беспилотные автомобили могут ездить с оптимальной скоростью, они в конечном итоге могут еще больше сократить время поездок на работу и с работы. Ежегодно более миллиона людей погибает в результате дорожно-транспортных происшествий, в большинстве из-за ошибок людей. Если автомобили с автономным вождением оправдают свои ожидания, они могут резко снизить количество таких жертв.

Используемые источники из авторского обзора

16. Pandis, I.S.; Brandt, N. The development of a sustainable urban district in Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden? *Environ. Dev. Sustain.* 2011, 13, 1043–1064. [CrossRef]

47. Holmstedt, L.; Brandt, N.; Robert, K.H. Can Stockholm Royal Seaport be part of the puzzle towards global sustainability? From local to global sustainability using the same set of criteria. *J. Clean. Prod.* 2017, 140, 72–80. [CrossRef]

65. Stockholm City 2009c, Stockholm Royal Seaport: Vision 2030. Available online: https://international.stockholm.se/globalassets/ovriga-bilder-och-filer/visionsrs2030_medium.pdf (accessed on 15 October 2019).

66. Stockholm City 2019, Royal Seaport Stockholm. Available online: <http://www.stockholmroyalseaport.com> (accessed on 13 November 2019).

69. Malmö City. Western Harbor, Current Urban Planning. 2015. Available online: <https://malmo.se/download/18.76b7688614bb5ccea09157af/1491304414891/Current+urban+development+in+Western+Harbour+%282015%29.pdf> (accessed on 21 May 2019).

70. Stockholm City Council. Övergripande Program för Miljö Och Hållbar Stadsutveckling i Norra Djurgårdsstaden; Stockholm City Council: Stockholm, Sweden, 2010.

76. Malmö City 2006, Västra Hamnen the Bo01-Area: A City for People and the Environment. Available online: <https://malmo.se/download/18.7101b483110ca54a562800010420/> (accessed on 18 October 2012).

85. Stockholms Länslandsting, 2015. Spårvagn City. Available online: <http://www.sll.se/verksamhet/kollektivtrafik/aktuella-projekt/sparvag-city/> (accessed on 12 February 2015).

87. Pozdniakova, A.M. Smart city strategies “London-Stockholm-Vienna-Kyiv”: In search of common ground and best practices. Acta Innov. 2018, 27, 31–45. [CrossRef]

89. Reepalu, I. Malmö—From Industrial Waste Land to Sustainable City. Climate Action. 16 September 2013. Available online: http://www.climate-actionprogramme.org/climate-leader-papers/ilmar_reepalu_mayor_city_of_malmoe_sweden/ (accessed on 13 March 2016).

В 2016 г. Министерство транспорта США поставило перед городами со средним населением задачу найти наиболее эффективный и справедливый способ дальнейшего развития системы совместного использования самоуправляемых транспортных средств, подключенных к сети /3/.

План основан на лидерстве Сан-Франциско в совместно используемой транспортной инфраструктуре, включая общественный транспорт, групповое использование автомобилем и велосипедом, а также другие услуги в мобильности и технологии, разработанные здесь, в Сан-Франциско.

Путем отхода от системы частного владения к системе совместного использования транспорта появляется возможность обеспечения того, чтобы жители Сан-Франциско могли воспользоваться этими инновациями. Новейшие датчики на этих подключенных к сети транспортных средствах позволяют избавиться от смертельных исходов в результате дорожно-транспортных происшествий и уменьшить площади, необходимые для транспортной системы, позволяя жителям сменить целевое назначение общественного пространства, в настоящее время недостаточно используемого, не считая парковок, в строительство доступного по цене жилья, создание небольших парков и удобств для пешеходов.

В рамках конкурса на получение этого гранта, который в конечном итоге достался Коламбусу из штата Огайо, Сан-Франциско был одним из 7 финалистов, и оказался в состоянии использовать другие возможности для продвижения вперед. За счет этих усилий город получил грант в размере 11 млн. долл. из программы Министерства транспорта США по передовым технологиям транспорта и борьбой с дорожными пробками для реализации пилотного проекта по интеллектуальным методам совместного использования автомобилей, пилотного проекта по интеллектуальным методам управления светофорами и других элементов предложения по решению проблемы умного города.

Краткое содержание

Цель: Расширение и объединение услуг по совместному использованию автомобилей в пределах города, для того чтобы ввести систему совместного использования транспортных средств с подключением к Интернету (CAV) с использованием подхода, основанного на инициативах городского сообщества.

Сан-Франциско является частью международной сети умных городов с 2011 г. и делится передовым опытом со своими городами-побратими, включая Барселону и Париж. Город использует технологии, чтобы сделать строительный процесс более эффективным, сократить потребление энергии, модернизировать систему обращения с отходами и расширить транспортную систему, и это все меры, которые способствуют экологизации города, облегчая мобильность. Городская цель SAV является своевременным следующим шагом вперед и дополняет текущие цели города:

- Нулевые отходы к 2020 г. (сокращение количества отходов на 90%), нулевые выбросы к 2020 г., нулевой уровень смертности от дорожно-транспортных происшествий к 2024 г.;

- Сокращение выбросов парниковых газов на 25% по сравнению с уровнями 1990 г. (достигнуто к 2017 г.);

- Транспорт: Доля режима без движения 50% к 2018 г., (достигнута в 2015 г.)

Проблема. Виды транспорта не скоординированы или не объединены, и многие варианты пока недоступны по всему городу. Город растет, и слишком много людей и предприятий, пользующихся своими собственными транспортными средствами, переполняют улицы, приводя к столкновениям, выбросам и шуму, и требуется больше земли для парковки. Время в пути и затраты растут, как и разрыв в доступности и социальная справедливость при выборе транспорта.

Конкретные вызовы Сан-Франциско при реализации требований гранта, направленных на решение следующих задач:

- Город растет быстрее, чем инфраструктура может справиться с возникающими транспортными заторами и перегруженностью улиц, и серьезными проблемами безопасности дорожного движения, особенно среди уязвимых групп населения (малообеспеченные, пожилые люди, дети и инвалиды).

- Недостаточное строительство доступного жилья при этом быстрым росте заставляет больше передвигаться людям с ограниченными финансовыми средствами.

- Рост числа поставщиков услуг совместной мобильности, с регулированием ямочного ремонта дорожного покрытия и политикой для обеспечения безопасности, доступности, функциональной совместимости, наличия и устойчивости этих услуг.

- Большинство людей, живущих за пределами города, имеют ограниченные транспортные варианты, особенно для поездок через весь город, для которых требуются частные автомобили, и им нужно тратить больше средств на транспорт.

- Растущая экономическая деятельность в вечернее время создает более динамичный город, но большинство работников сферы обслуживания имеет ограниченные финансовые средства и ограниченное транзитное обслуживание после полуночи.

- Город посещает более 50000 посетителей в день, многие из которых проживают в регионе. Отсутствие информации и координация транспортных вариантов означает, что большинство из них становится причиной транспортных заторов и воздействий парковки.

- Коммерческие поставки возрастают в городе, и они несовместимы с имеющимися транспортными средствами, обслуживающими кварталы, не-

адекватные зоны разгрузки превышают возможности предприятий получать доступ к своим товарам.

- Эти проблемы с транспортом помогли рассказать о четырех примерах со сценариями использования.

Возможность: связь совместной мобильности с технологией SAV и перевозками для повышения мобильности, справедливости, доступа, безопасности и доступности для всех:

- Совместная мобильность (совместное использование автомобилей, велосипедов, мотороллеров, совместная эксплуатация автомобилей, такси, частный транзит) и общественный транспорт вместе обеспечивают доступ к мобильности, уменьшают стоимость проезда и необходимость владения транспортным средством и связанные с этим проблемы владения, экономия деньги и время.

- Технология SAV может отвечать нескольким целям города, в том числе исключение смертельных исходов при дорожно-транспортных происшествиях, сокращение выбросов, перегруженности, шума и личных, предпринимательских и городских материально-денежных затрат.

- Комбинированная, совместная мобильность, общественный транспорт и технология SAV могут снизить потребность в уличном пространстве и парковке, таким образом, чтобы проезжую часть можно было сменить целевое назначение с течением времени для прогулок, езды на велосипеде, открытого пространства и строительства более доступного жилья.

Основные шаги: Чтобы проверить и увеличить масштаб этой концепции, город будет побуждать городские кварталы принимать участие и привлекать к участию жителей, предприятия и заинтересованные стороны. Хотя несколько областей являются технически перспективными, решение проблемы будет предлагаться как возможность, а не как требование. Город будет работать с консультативной группой членов сообщества, поставщиков и технических партнеров для оценки сильных сторон, местоположения и масштаба применимости для квартала.

Концептуальный график:

- Установление обоснованной задачи для сообщества, с тем чтобы, по крайней мере, один или несколько кварталов, были выбраны в качестве первой пилотной территории города для этих новых услуг и технологий.

- Создание и укомплектование рабочей группы заинтересованных сторон из сообщества партнеров, чтобы предоставить информацию и обеспечить руководство на протяжении всего процесса.

- Сотрудничество с квалифицированными поставщиками сервиса совместной мобильности для интеграции составления маршрута, программного обеспечения для оплаты через Интернет с целью облегчения использования между пользователями параллельно с усилиями по расширению парка транспортных средств.

- Использование квалификационных критериев, основанных на данных, для достижения целей, установленных для города, а затем стимулирование расширения совместной мобильности в квартале с приоритетным доступом к тротуару (включая геозонирование³³) и полосам движения.

³³ Геозона – виртуальный произвольный участок на географической карте. Геозоны используются в системах спутникового мониторинга для задания виртуального периметра, при пересечении границ которого происходит оповещение пользователя или выполняются различные команды.

- Приглашение компаний в области САУ и исследователей для участия в пилотных проектах в данном районе.

- Элементы пилотных проектов могут включать в себя, но не ограничиваются: Wi-Fi (беспроводную сеть), зарядку аккумуляторов, интеллектуальные сигналы³⁴, интеллектуальные системы помощи при парковке, датчики и проблесковые маячки, оперативное управление парком автомобилей, челноки для доставки первой и последней мили³⁵, гибкие зоны загрузки и открытое пространство, службы доставки, управление парковкой, геозонирование, ценообразование и стимулы управления спросом, а также контейнеры для перевозки велосипедов/автомобилей/мотоциклов/грузов.

- Обеспечение рабочей группы и общественности постоянного сбора данных, информацией и анализом эффективности и поддержка новых услуг и технологий.

Поскольку масштаб оказываемых услуг увеличивается, их стоимость будет снижаться, поэтому все больше людей будут пользоваться ими и привыкнут к легкости передвижения, не полагаясь на свой личный автомобиль для каждой поездки. САУ могут предложить:

- Технологию подключения к сети и предотвращения столкновений, чтобы значительно повысить безопасность и, при сближении использовать меньше места на дороге, снижая расходы для города и общества.

- Комбинированные, самоходные транспортные средства для совместного использования и с подключением к сети уменьшат потребность в парковке и могут уменьшить количество автомобилей в городе, уменьшить затраты и освободить землю для других целей.

Этот итеративный, поддерживаемый сообществом процесс будет включать в себя информационные панели для отслеживания и мониторинга прогресса и результатов, предоставление ежегодных отчетов, информации о процессах и извлеченных уроках для совместного использования среди других кварталов, городов и заинтересованных сторон.

2. ВИБРАЦИОННОЕ И АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТА

В работе *Song Xiaodong, Li Qi / 4/* представлено численное и экспериментальное исследование шумоподавления бетонных мостов LRT (легкий рельсовый транспорт) - городской железнодорожный общественный транспорт, характеризующийся меньшими, чем у метрополитена и железной дороги, габаритами, грузоподъемностью и скоростью сообщения. Шум от качения и структурный шум, исходящий от моста, являются двумя основными источниками шума в легких мостах с быстрым транзитом (LRT). Для управления шумовым излучением от мостов LRT необходим эффективный численный метод прогнозирования шума. В этом исследовании комбинированная трехмерная динамическая модель и 2,5-мерная акустическая модель использовались для исследования снижения шума в рельсе и в U-образном балочном мосту. Затем сравнивалось влияние трех мер по снижению шума на кон-

³⁴ Например, интеллектуальные сигналы поворота с микропроцессорным управлением, благодаря которым регулируется их работа в зависимости от ситуации вождения.

³⁵ Например, электротабуретка (ионцикл) японской компании Хонда, которая стоит на одном колесе, благодаря гироскопам от робота управляется без рук – весом человека. Пробег на одной зарядке – 6 км.

троль шума: установка шумозащитного барьера, использование рельсовой площадки с меньшей жесткостью и использование дорожки с плавающей лестницей. Соответствующее снижение шума было исследовано с использованием численного метода. Полевой тест был проведен для подтверждения эффектов снижения шума. Было обнаружено, что шумовой барьер был более эффективным в снижении шума рельса, а накладка мягкой направляющей более эффективна для контроля шума моста. Плавающая лестница может значительно снизить вибрацию моста, но чрезмерная вибрация самой лестницы стала еще одним основным источником шума. Результаты должны помочь в выборе подходящих мер по снижению шума для мостов LRT.

Несмотря на достижения в области альтернативных транспортных сетей, автомобильный транспорт остается доминирующим видом во многих современных и развивающихся странах. *Ducarne Loïc, Ainalis Daniel, Kouroussis Georges /5/* представили данные по оценке колебаний грунта, создаваемых тяжелым транспортным средством, преодолевающим дорожное препятствие. Наземные движения, возникающие при прохождении тяжелого транспортного средства через геометрическое препятствие (например, скоростной подъемник, железнодорожные пути), представляют собой фундаментальную проблему в транспортном раздражении в городских районах. Для прогнозирования колебаний грунта, возникающих при прохождении тяжелого транспортного средства над геометрическим препятствием, разработана двухступенчатая численная модель. Первый шаг включает в себя моделирование динамических нагрузок, создаваемых тяжелым транспортным средством, с использованием многоуровневого подхода, который включает взаимодействие шины с препятствием и землей. Второй шаг включает в себя моделирование распространения земной волны с использованием трехмерной модели конечных элементов. Симуляция может быть отделена из-за большой разницы в жесткости между шинами автомобиля и дорогой. Во-первых, двухэтапная модель проверяется с использованием экспериментального тематического исследования, доступного в литературе. Затем представлен анализ чувствительности, изучающий влияние различных факторов на генерируемые колебания грунта. Исследуемые факторы включают форму препятствия, размеры препятствия, скорость транспортного средства и жесткость шины. Разработанная модель может использоваться в качестве инструмента на ранних этапах планирования для прогнозирования колебаний грунта, возникающих при проезде тяжелого транспортного средства через препятствие в городских районах.

Вибрационные и акустические характеристики излучения колес высокоскоростных поездов на основе предварительного напряжения изучены и описаны в работе специалистов из Китая *Han Li; Gu Xiaoran; Wu Xiangyang; Liu Lanhua; Li Yanliang; Shao Lin; Xuan Xiaomei /6/*.

В соответствии с фактическим состоянием хода колеса статическая сила колеса-рельса, создаваемая узлом натяга оси и нагрузкой на ось, а также центробежная сила, создаваемая высокоскоростным вращением колеса, рассматривались как предварительное напряжение колеса. На примере прицепного колеса *Fuxing high-speed EMU*, во-первых, с помощью конечно-элементного программного обеспечения ANSYS была создана нелинейная контактная конечно-элементная модель колеса на основе предварительного напряжения для проведения статического анализа, модального анализа и анализа частотной характеристики. Затем в качестве граничных условий для анализа связи вибрации и акустического излучения были взяты результаты допущения смещения колеса, полученные методом конечно-элементного ана-

лиза. Модель граничного элемента колеса была создана с помощью акустического программного обеспечения Virtual. Проведено сравнение и исследование лабораторных акустических и акустических характеристик излучения, таких как уровень акустической мощности, эффективность акустического излучения и направленность акустического излучения колес высокоскоростных поездов с предварительным напряжением и без него.

Результаты показывают, что нелинейная конечно-элементная модель колеса, основанная на предварительном напряжении, может относительно точно отражать фактическое граничное состояние колеса. С учетом предварительного напряжения изменяются как собственные характеристики, так и вибрационная характеристика колес скоростного поезда, что непосредственно влияет на вибрационные и акустические характеристики колес. Характеристики вибрации и акустического излучения с предварительным напряжением и без него существенно различаются. Более точным является анализ характеристик вибрации и акустического излучения колес высокоскоростного поезда с учетом предварительного напряжения.

Японский институт технических исследований железных дорог (RTRI) изучает, как смягчить воздействие аэродинамических явлений на высокоскоростные поезда и инфраструктуру. Киеси Накакура (Kiyoshi Nagakura) /7/, директор RTRI и глава отдела экологического инжиниринга, описывает достигнутый к настоящему времени прогресс.

Рельсовые транспортные средства подвергаются воздействию аэродинамической силы и, в то же время, вызывают аэродинамические явления вдоль линии в результате взаимного взаимодействия транспортного средства с воздухом. Явления, влияющие на железнодорожное транспортное средство, включают аэродинамическое сопротивление, неустойчивость из-за изменяющейся аэродинамической силы, изменение аэродинамической восходящей силы на пантографах и возможность схода с рельсов из-за сильного ветра.

Явления, происходящие вдоль пути, включают в себя экологические проблемы, такие как аэродинамический шум, включая низкочастотный шум и туннельные волны микронапряжения, а также те явления, которые влияют на линейные структуры и людей вблизи пути, такие как колебания давления, вызванные проходящим поездом, летящим балластом, накоплением льда и слипстримом, когда поезд проходит через станцию.

Чем выше скорость работы, тем значительнее становятся эти явления. Поэтому решение этих аэродинамических вопросов будет становиться все более важным по мере того, как в будущем ожидается увеличение максимальной скорости поездов.

Далее: RTRI проводит исследования и разработки с целью выяснения механизма, порождающего эти явления, прогнозирования и оценки их, а также борьбы с ними с помощью таких методов, как численное моделирование, лабораторные испытания и испытания транспортных средств. Недавние исследования были сосредоточены на экспериментальном подходе с использованием аэродинамической трубы и движущейся модели железнодорожной установки.

В 1996 году компания RTRI построила крупномасштабную малозумную аэродинамическую трубу в городе Майбара, префектура Сига. Аэродинамическая труба была разработана для оценки аэродинамического звука и аэродинамических проблем, таких как достаточно низкий фоновый шум. Аэродинамическая труба имеет длинную измерительную секцию и возможность моделировать воздушные потоки вблизи Земли. Его малозумные характе-

ристки были одними из лучших в мире с тех пор, как он был построен. Кроме того, аэродинамический звук может быть измерен с высокой точностью. Шум, наблюдаемый вдоль пути Синкансэн, может быть классифицирован на шум, связанный с твердыми вибрациями, создаваемыми колесами, рельсами и конструкциями, такими как шум качения и структурный шум, и аэродинамический шум, связанный с изменениями завихренности вокруг транспортных средств. Акустическая мощность первого увеличивается пропорционально квадрату или Кубу скорости поезда, в то время как акустическая мощность второго увеличивается пропорционально мощности b или около того скорости поезда. Следовательно, чем больше скорость поезда, тем больше вклад аэродинамического шума.

Результаты анализа источников шума, основанные на данных полевых испытаний, показывают, что если новейший поезд "Синкансэн" движется со скоростью более 300 км/ч, то вклад аэродинамического шума значительно превышает вклад шума качения. Наибольший вклад вносят аэродинамические источники шума, расположенные на тележках, за которыми следует действующая система сбора энергии.

Чтобы контролировать увеличение линейного шума, вызванного увеличением скорости линии Синкансэн, Специалисты пытаются понять механизм, вызывающий увеличение аэродинамического шума от тележек и тележечной системы сбора, чтобы могли разработать меры по снижению шума.

Что касается аэродинамического звука тележки, то для того, чтобы точно определить местоположение источников аэродинамического звука и получить глубокое понимание явлений механизма генерации шума, специалисты заменили грунтовые плиты непосредственно под тележкой акустическими проникающими пластинами, которые предназначены для того, чтобы звук проникал внутрь, но не пропускал воздух.

Специалисты разработали метод испытания аэродинамической трубы для зондирования источников звука с помощью микрофонной решетки. В результате выяснили распределение источников аэродинамического звука от тележек и обнаружили, что аэродинамический звук, создаваемый тележками, можно контролировать, уменьшая скорость воздушного потока вблизи нижней поверхности транспортного средства или предотвращая воздействие высокоскоростного воздушного потока на сами тележки. В будущем, основываясь на этих выводах, специалисты собираемся разработать меры по сокращению выбросов, применимые к реальным транспортным средствам.

Специалисты изучают способы уменьшения аэродинамического шума, производимого нынешней системой сбора, сосредоточившись на головках и опорах пантографа, которые являются основными источниками звука.

Также изучают возможность достижения баланса между аэродинамическим шумоподавлением и устойчивостью аэродинамических характеристик восходящей силы путем улучшения геометрии головок пантографа и уменьшения аэродинамических помех между головками пантографа и рамами путем улучшения геометрии опор пантографа с помощью таких мер, как применение пористых материалов к тем элементам, геометрия которых не может быть легко улучшена. Объединив эти элементарные технологии и сделав дальнейшие усовершенствования, должны разработать меры сокращения, которые могут быть применены к реальному оборудованию.

Чтобы построить скоростную железную дорогу в такой горной стране, как Япония, нужно было построить несколько тоннелей. Таким образом, аэродинамические явления системы поезд-туннель имеют важное значение. Испытание в аэродинамической трубе является эффективным методом вы-

яснения аэродинамических явлений. Однако трудно смоделировать относительные движения поездов и сооружений на земле.

Чтобы преодолеть эту проблему, была разработана движущаяся модель железнодорожной установки для моделирования их относительных перемещений и изучения аэродинамических явлений, возникающих при въезде поезда в туннель. Подвижная модельная железнодорожная установка, принадлежащая в настоящее время компании RTRI, способна управлять осесимметричным модельным поездом в масштабе от 1/70 до 1/100 с максимальной скоростью 550 км/ч.

Специалисты также изучали туннельные волны микронапряжения, которые представляют собой экологическую проблему, возникающую вдоль линий Синкансэн. Когда поезд входит в туннель на высокой скорости, в туннеле генерируется волна сжатия, которая распространяется по туннелю со скоростью звука. Когда волна сжатия достигает выходного портала, импульсная волна давления излучается в область вокруг туннельного портала. Испускаемая импульсная волна давления, называемая туннельной волной микронапряжения, может вызвать побочные экологические проблемы, такие как взрывной звук вблизи портала и дребезжание окон и дверей в близлежащих зданиях.

Чтобы смягчить воздействие туннельных волн микронапряжения, были приняты различные меры, такие как установка капота немного большего размера, чем туннельный портал, на входе в туннель и расширение или геометрическая оптимизация переднего конца поезда. Движущаяся модель железнодорожной установки была использована для проектирования входного колпака туннеля и геометрии ведущего конца поезда.

Если скорость поезда превышает 320 км / ч, то требуемая длина входного колпака туннеля увеличивается на 30-50 м, хотя в некоторых случаях она не может быть увеличена из-за местных обстоятельств. Поэтому необходимо продвигать разработку конструкции входного колпака туннеля, которая более эффективно уменьшает волну микродавления туннеля, не придерживаясь текущих спецификаций, так что отношение поперечного сечения к основному туннелю составляет 1,4-1,6, а дискретные отверстия расположены на боковой стороне.

Чтобы изучить взаимосвязь между поперечным сечением входного колпака туннеля и смягчением туннельных волн микронапряжения, специалисты провели эксперимент с использованием движущейся модельной железнодорожной установки. Мы обнаружили, что если поезд двигался со скоростью 360 км/ч и у него не было боковых отверстий, то эффект смягчения был максимальным, когда отношение поперечного сечения между входным колпаком туннеля и главным туннелем составляло около 2,5. Также обнаружили, что если длина входного колпака туннеля будет меньше 40 м, то его производительность будет лучше, чем у обычной модели, а если длина входного колпака туннеля будет 40 м или более, то поперечный многоступенчатый входной колпак туннеля, который постепенно увеличивает соотношение поперечного сечения между входным колпаком туннеля и основным туннелем, будет производить больший эффект. Теперь планируют улучшить эксплуатационные характеристики входного колпака туннеля и изучить технические характеристики с целью создания реального туннеля, который будет введен в эксплуатацию.

Проблемы аэродинамических явлений, с которыми сталкиваются железные дороги, разнообразны, и их неблагоприятные последствия становятся все более значительными по мере увеличения линейных скоростей.

Поэтому мы считаем, что решение этих аэродинамических задач будет незаменимым в связи с ожидаемым в будущем увеличением скорости движения поездов.

Для решения этих задач в 2020 году специалисты завершили комплектацию оборудования, способного запускать модель поезда реальной формы в масштабе 1/20 с максимальной скоростью 400 км/ч. Используя эту движущуюся модель железнодорожной установки, можно проверить более реалистичные явления, рассматривая разделение потока на переднем конце. Кроме того, измерительная часть этого оборудования представляет собой беззональную комнату, которая также способна проводить акустические измерения. Поэтому ожидается, что он внесет свой вклад в прогресс исследования низкочастотного аэродинамического шума, вызванного поездом, идущим на открытом участке.

Большая группа специалистов *Eze Ikenna C., Foraster Maria, Schaffner Emmanuel, Vienneau Danielle, Pieren Reto, Imboden Medea, Wunderli Jean-Marx, Cajochen Christian, Brink Mark, Rosli Martin, Probst-Hensch Nicole* /8/ изучала частоту депрессии в связи с воздействием транспортного шума и раздражающим шумом в исследовании SAPALDIA.

Предполагаемые данные о риске депрессии в связи с воздействием транспортного шума и раздражающего шума ограничены и неоднозначны. Авторы стремились изучить связь длительного воздействия транспортного шума и раздражающего шума от конкретных источников с частотой депрессии в когорте SAPALDIA (Швейцарское когортное исследование загрязнения воздуха, заболеваний легких и сердца у взрослых). Исследовали 4581 участника SAPALDIA без депрессии в 2001/2002 году. Соответствующий среднегодовой автомобильный, железнодорожный и авиационный шум днем-вечером-ночью (Lden) был рассчитан на наиболее незащищенном фасаде жилых этажей участников, а уровень раздражающего шума транспорта был оценен по 11-балльной шкале. Случаи депрессии были выявлены в 2010/2011 гг. И включали участников, сообщивших о диагнозе врача, приеме антидепрессантов или имеющих краткую формуляр-36 оценку психического здоровья ≤ 50 . Авторы использовали надежные регрессии Пуассона для оценки взаимно скорректированных относительных рисков (ОР) и 95% доверительных интервалов (ДИ) депрессии, независимо от загрязнения воздуха, связанного с дорожным движением, и других потенциальных факторов. Заболеваемость депрессией составила 11 случаев на 1000 человеко-лет. В моделях однократного воздействия наблюдали положительные, но частично статистически незначимые ассоциации (на 10 дБ дорожного движения Lden (RR: 1,06 (0,93, 1,22)) и Lden самолета (RR: 1,19 (0,93, 1,53)) и (на 1 балл) раздражающего шума (ОР: 1,05, (1,02, 1,08) с риском депрессии. В модели с несколькими экспозициями эффект раздражающего шума остался неизменным, с более слабым влиянием дорожного движения Lden (RR: 1,02 (0,89, 1,17)) и самолета Lden (RR: 1,17 (0,90, 1,50)). Однако, наблюдались статистически значимые косвенные эффекты дорожного движения и воздушного судна Lden через раздражающий шум. Связи с железнодорожным транспортом Lden не было обнаружено в моделях с одним и несколькими воздействиями. Сделан аналогичные выводы среди 2885 лиц, не путешествующих, где изменение эффекта и совокупные риски были более отчетливыми. Эффект раздражающего шума у неподвижных лиц был сильнее среди недостаточно активных и тех, кто страдает дневной сонливостью.

стью. Кумулятивные риски Lden у тех, кто не двигался, показали аддитивные тенденции для линейного кумулятивного риска комбинированных источников и категориального кумулятивного риска и оставалась устойчивым к раздражающему шуму. Уровень транспортного шума и раздражающий шум могут совместно и независимо влиять на риск депрессии. Комбинированное долгосрочное воздействие уровня шума кажется самым вредным, в основном действуя через раздражение. Снижение эффекта раздражающего шума дневной сонливостью и физической активностью также способствует проявлению задействованных механизмов. Необходимы дополнительные доказательства для подтверждения этих результатов для эффективного контроля общественного здравоохранения над депрессией и бременем воздействия шума.

3. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Мобильные услуги по запросу для автомобилей резко выросли в последние годы, угрожая целевым показателям местного загрязнения воздуха и глобальных выбросов углерода. Несмотря на свидетельства того, что автопарки по требованию созрели для сертификации, внедрение аккумуляторных электромобилей в автопарках затрудняется из-за отсутствия зарядной инфраструктуры и длительного времени зарядки. В свою очередь, оптимизация, обеспечиваемая электрификацией автопарков, имеет потенциал для реализации множества стратегий интеллектуальной городской обильности, включая интеграцию общественного транспорта с инновационными транспортными системами и ценовой политикой на основе выбросов загрязняющих окружающую среду веществ /9/.

Литература

1. *Jonatan Woetzel, Jaana Remers, Brodie Boland, Katrina L., Suveer Sinha, Gernot Strube, John Means, Jonathan Lam, Andrés Cadena, Valerie von der Tann* в обзоре «Умные города: цифровые технологии для более достойного будущего» (SMART CITIES: DIGITAL SOLUTIONS FOR A MORE LIVABLE FUTURE)

2. *Симон Элиас Бибри*³⁶ (*Simon Elias Bibri*), *Джон Крогсти*³⁷ (*John Krogsie*) представили обзор «Стратегии и решения умного экогорода для устойчивости: Случаи Королевского морского порта в Стокгольме и Западного порта в Мальмё» (3 марта 2020 г.) («Smart Eco-City Strategies and Solutions for Sustainability: The Cases of Royal Seaport, Stockholm, and Western Harbor, Malmö, Sweden» Urban Science, MDPI³⁸, Case Report.

3. Решение проблемы умного города. Муниципальное транспортное управление Сан-Франциско. Информация о возможности финансирования (Meeting the Smart City Challenge. SFMTA (San-Francisco Municipal Transportation Agency). Notice of Funding Opportunity.- 2018.- P. 1-30.

³⁶ Доцент кафедры информатики и кафедры архитектуры и планирования Норвежского университета естественных и технических наук, Тронхейм.

³⁷ Профессор кафедры информатики Норвежского университета естественных и технических наук, Тронхейм.

³⁸ Многопрофильный издательский институт, основанный в 2010 г. в Швейцарии, публикующий журнальные статьи с открытым доступом по биологии, химии, медицине, информатике, математике, химии и материаловедению, экологии.

4. *Song Xiaodong, Li Qi*. Numerical and experimental study on noise reduction of concrete LRT bridges // *Science of the Total Environment: An International Journal for Scientific Research into the Environment and its Relationship with Man*, 2018.- Том 643.- P. 208 – 224.

5. *Ducarne Loïc, Ainalis Daniel, Kouroussis Georges*. Assessing the ground vibrations produced by a heavy vehicle traversing a traffic obstacle // *Science of the Total Environment: An International Journal for Scientific Research into the Environment and its Relationship with Man*.- 2018.- Том 612.- С. 1568 – 1576.

6. *Han Li; Gu Xiaolan; Wu Xiangyang; Liu Lanhua; Li Yanliang; Shao Lin; Xuan Xiaomei*. Vibration and Acoustic Radiation Characteristics of High-Speed Train Wheels Based on Prestress // *China Railway Science*. – 2019. – 40, № 06.-С. 86-94.

7. *Kiyoshi Nagakura*. Снижение аэродинамического сопротивления на высоких скоростях // *Reducing aerodynamic drag at high speeds // Int. Railway J.* – 2019. – 59, № 11. – p. 36 – 38.

8. *Eze Ikenna C., Foraster Maria, Schaffner Emmanuel, Vienneau Danielle, Pieren Reto, Imboden Medea, Wunderli Jean-Marc, Cajochen Christian, Brink Mark, Rosli Martin, Probst-Hensch Nicole*. Частота депрессии в связи с воздействием транспортного шума и раздражающим шумом в исследовании SAPALDIA. Incidence of depression in relation to transportation noise exposure and noise annoyance in the SAPALDIA study // *Environment International*, 2020.- Том 144.- С. 106014.

9. *Bauer Gordon, Zheng Cheng, Greenblatt Jeffery B., Shabeen Susan, Kammen Daniel M*. Электрфикация автомобильного парка по требованию может ускорить декарбонизацию транспорта и интеллектуальную городскую мобильность // *On-demand automotive fleet electrification can catalyze global transportation decarbonization and smart urban mobility // Environ. Sci. and Technol.* []-2020.- 54.- N 12. – P. 7027-7033.