

ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

УДК 721.011

Научная статья

Иван Андреевич Данилов✉

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: danilov_ivan98@bk.ru

Марина Михайловна Петрянкина

аспирант каф. философии, социологии и психологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: marinamb@yandex.ru

Ирина Владимировна Бганцева

д-р пед. наук, доцент, зав. каф. лингвистики и межкультурной коммуникации, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: irina07085@rambler.ru

Наталья Петровна Садовникова

д-р техн. наук, профессор каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: n_sadovnikova@vstu.ru; ORCID: 0000-0002-7214-9432

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В УМНЫХ ГОРОДАХ¹

Умный город должен обеспечивать комфорт, удобство и безопасность горожан. Одно из основных направлений развития умного города — транспортная инфраструктура. В области исследований транспортной инфраструктуры городов за последние годы сформировался тренд на внедрение умного электрического

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024. URL: <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>

транспорта. Однако, помимо ряда преимуществ, такое внедрение несет в себе также и ряд вызовов для городской среды. Целью работы является определение темпов развития электротранспорта в России и мире, выявление тенденции и прогноз на основе существующей статистики. В статье проведен анализ существующих проблем внедрения умного электротранспорта в городскую инфраструктуру, а также развития электротранспорта в умном городе. Осуществлено прогнозирование роста количества электромобилей в России на основе статистики роста за последние 5 лет. На основе прогноза приблизительно оценена доля присутствия электрических транспортных средств (ЭТС) к 2030 г. На данный момент ЭТС составляют не более 0,1 % общего числа транспортных средств на дорогах России, однако при сохранении тенденций к росту спроса на них, сформировавшегося за последние 5 лет, ЭТС начнут вытеснять транспортные средства с другими типами двигателей уже к 2030 г. В связи с этим меры по решению проблем внедрения ЭТС в транспортную инфраструктуру города необходимо предпринимать заранее.

Ключевые слова: умный город, транспортная инфраструктура, электромобили, умный транспорт, прогнозирование.

Для цитирования: Данилов И. А., Петрянкина М. М., Бганцева И. В., Садовникова Н. П. Тенденции развития электротранспорта в умных городах // Социология города. 2024. № 3. С. 77—90. DOI: 10.35211/19943520_2024_3_77

Введение

Существуют различные подходы к совершенствованию территорий на основе цифровых технологий, которые в наиболее общем смысле объединяются понятием умного города (Аблязов, Асаул, Вишневская, 2020). В таком случае умный город можно рассматривать как создание «интегрированного пространства» с целью повышения функциональности территории с более удобной организацией транспортных потоков (Перелозова, 2015). При анализе данной концепции в рамках исследования целесообразно выделить два направления — это умный городской транспорт (цифровизация транспортной системы города) и интеллектуальные системы общественной безопасности (транспортная безопасность города) (Савченко, Ужegov, Данилов, 2021).

Согласно ООН, города занимают лишь 3 % площади Земли. При этом они производят около 75 % углекислого газа и потребляют около 60—80 % энергии. В связи с этим существует необходимость развития городов, оптимизации потребления энергии и снижения выбросов. Эти, а также многие другие цели преследует концепция умного города.

Умные города быстро развиваются, стандарт умного города стремительно и успешно внедряется во многих уголках мира с целью сделать жизнь жителей комфортнее и безопаснее. Благодаря повсеместному внедрению современных высоких технологий город будущего, который раньше казался мнимым, далеким концептом, реализованным только на страницах фантастических романов, создается на глазах.

В настоящее время существует множество проблем крупных мегаполисов, которые человечество стремится решить с помощью концепции умного города. С такими городскими проблемами, как перенаселение отдельных районов, неэффективное использование территорий, экономика, озеленение, удобство и качество жизни жителей и гостей города, их социальная и цифро-

вая безопасность, а также экологичная среда города, необходимо бороться для того, чтобы добиться процветания города. Подход к решению этих проблем может быть как обособленным, так и комплексным, для того чтобы развитие города оставалось устойчивым и сбалансированным.

Как отмечено ранее, умный город как концепция в данный момент активно развивается, постоянно видоизменяясь, включая в себя различные новые системы и их элементы, а также расширяя и изменяя уже ранее включенные элементы. Поэтому умный город сейчас затруднительно назвать уже устоявшейся концепцией, однако некоторые элементы городской среды присутствовали в ней с первой итерации. Например, при первом утверждении концепта сформулированы направления «умная мобильность», «умная экология» и «умная энергетика», которые до сих пор являются ключевыми направлениями для устойчивого развития городской среды. Развитие этих направлений жизненно необходимо для того, чтобы городская среда оставалась комфортной и пригодной для жизни.

В научной литературе наблюдается значительный интерес к развитию городских территорий на основе идей умного города (Семячков, 2022). Одна из важнейших сфер деятельности умного города — умный транспорт, который позволяет повысить конкурентоспособность российских городов, качество управления транспортной сферой города и безопасность пользования им, качество оказания транспортных услуг (Хамитов, Князькина, Дмитриев, 2024).

К системе умного транспорта относят интеллектуальные транспортные системы, умные парковки, элементы дорожной инфраструктуры (умные светофоры, детекторы транспортного потока, видеокамеры, датчики транспортных средств), системы информирования пассажиров, безналичной оплаты проезда.

Один из сформировавшихся трендов за последние годы — внедрение электрического транспорта (ЭТ) в транспортную инфраструктуру города. Однако его повсеместное внедрение будет сопряжено с проблемами, решение которых необходимо найти до того, как производить технологический переход с двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на электрические транспортные средства (ЭТС). Так, данное исследование нацелено на анализ существующих проблем ЭТС, а также степени их внедрения в транспортную инфраструктуру городов России. На основе собранной статистики проведено прогнозирование развития рынка до 2030 г., а также определена доля ЭТС от всех транспортных средств в 2023 г. и прогнозируемая доля в 2030 г.

Анализ проблем электротранспорта

ЭТ успешно внедряется во многих городах Европы (Ruggieri, Ruggieri, Vinci, Roroni, 2021). Большинство городов, власти которых осуществили поддержку внедрения автомобилей с электродвигателями в коммерческий и общественный транспорт (Лондон, Милан, Осло, Болонья), сумели добиться снижения выбросов различных вредных веществ до –25 % (с 2016 по 2019 г.). Существует множество различных препятствий повсеместному внедрению электромобилей (ЭМ) в городскую среду (Arata, Vokogo, Sharma, 2023). Многие авторы рассматривают проблему внедрения ЭТС с энергетической стороны (Albatayneh, Assaf, Alterman, Jaradat, 2020; Duan, Askari, Hemat, Ali, 2021;

Patil, Kalkhambkar, 2021; Ruggieri, Ruggeri, Vinci, Poponi, 2021; Ruggieri, Ruggeri, Vinci, 2020; Tavakoli, Saha, Arif et al., 2020; Weiss, Cloos, Helmers, 2020). Например, авторы (Albatayneh, Assaf, Alterman, Jaradat, 2020) рассматривают энергоэффективность разных типов ТС — от ТС с ДВС до ТС на электродвижущей силе (ЭДС). Авторы провели крупное исследование и пришли к выводу, что эффективность ЭТС будет максимальной при комбинировании их с возобновляемыми источниками энергии (до 67 % при подзарядке с использованием энергии солнечных или ветряных электростанций, до 72 % — при подзарядке с помощью энергии солнечных панелей, установленных на крышах зданий). В целом авторы заключают, что эффективность ЭТС при использовании энергии, производимой топливными (угольными, дизельными) электростанциями сопоставима с ТС с бензиновым двигателем. Таким образом, можно сделать вывод, что ЭТС уже сейчас способны заменить бензиновые (по части эффективности использования энергии), однако при дальнейшем развитии электродвигателей, батарей, а также с внедрением возобновляемых источников энергии доля электродвигателей в автомобилях в городах будет постепенно расти, пока не вытеснит другие, менее эффективные виды двигателей. Это подведет к новой проблеме умных городов — рациональному использованию и распределению энергии.

Некоторые авторы (Patil, Kalkhambkar, 2021; Ruggieri, Ruggeri, Vinci, 2020; Tavakoli, Saha, Arif et al., 2020) рассматривают эту же проблему с экономической точки зрения, однако также предлагают рекомендации по устранению возможного разрыва между потребностями пользователей автомобилей на ЭДС в электричестве и возможностями существующей энергосети города в будущем — при увеличении доли присутствия ЭТС на дорогах. В целом авторы приходят к выводу, что при внедрении некоторых стратегий, таких как, например, оптимизация заряда ЭМ, многие участники таких стратегий получают позитивный экономический эффект. С учетом названной ранее энергетической проблемы умных городов, которая может возникнуть в ходе активного внедрения ЭТС, можно заявить, что тема активно исследуется. Разные авторы предлагают различные варианты решения возможной энергетической проблемы в городах.

Также исследовалось влияние веса ЭМ на его энергопотребление (Weiss, Cloos, Helmers, 2020). В ходе исследования авторы пришли к нескольким полезным для устойчивого развития электротранспортной сети умного города будущим выводам. В частности, они заключили, что на потребление ЭТС в более значительной степени влияет его масса и в менее значительной — мощность двигателя и год производства авто. Также авторы установили, что увеличение массы автомобиля на 100 кг влечет увеличение энергопотребления на 0,4—1,3 кВт/ч. Такое исследование будет полезно владельцам коммерческих ТС. При учете выведенных закономерностей логист может повысить экономическую и энергетическую эффективность, оптимизируя частоту подзарядок транспортных средств (ТС).

Исследования экологического влияния ЭТС (Alimujiang, Jiang, 2020; Rietmann, Hügler, Lieven, 2020) можно в целом свести к анализу уровня CO₂, частиц PM_{2,5} и PM₁₀. Авторы приходят к выводу, что с увеличением числа ЭТС в городе уровни вредных веществ будут падать соответственно. Однако для улучшения качества воздуха следует учитывать, что переход на ЭТ пове-

дет за собой внедрение возобновляемых источников энергии, что в свою очередь еще сильнее отразится на качестве воздуха в городах. Существует множество различных препятствий повсеместному внедрению ЭМ в городскую среду: экономические, технологические, энергетические и т. д. Многие авторы ищут решения конкретных проблем, которые будут возникать по мере увеличения доли ТС на электродвижущей силе. Однако с точки зрения системного анализа, вероятно, в данный момент интеграции ЭТС в городскую среду разумнее рассмотреть устойчивый вариант внедрения, который будет являться компромиссом для всех тех сфер деятельности, на которые влияет — положительно или отрицательно — технологический переход на ЭДС.

Нельзя не отметить, что масштабное внедрение ЭТ требует создания необходимой инфраструктуры. Ключевыми моментами при планировании и установке крупномасштабных взаимосвязанных зарядных станций ЭТ вдоль основных транспортных магистралей являются цифровизация, совместимость и дорожные карты развития зарядных сетей (Валеева, Калинина, Зорина, Ахметова, 2022).

Для понимания актуальности данных проблем для транспортной инфраструктуры умных городов России необходимо провести анализ авторынга и определить общую долю присутствия транспорта на ЭДС.

Анализ внедрения электротранспортных средств

В данном разделе приведены аналитические данные, собранные из открытых источников (отчеты ГИБДД, статьи, открытые статистические данные и т. д.). Цель данного анализа — сравнение темпов роста рынка России по сравнению с мировым, а также определение общей доли ЭТС в России. С помощью этой информации в дальнейшем можно определить темпы внедрения ЭТС в транспортную инфраструктуру городов России и принять превентивные меры против известных проблем, которые повлечет за собой внедрение ЭТС.

Статистические данные представлены в виде диаграмм для удобства чтения. Прежде всего следует сравнить спрос на ЭМ в мире и в России с целью соотнести потенциал технологического перехода на автомобили на ЭДС. Для начала был изучен мировой рынок ЭМ, а также количество проданных единиц ЭМ за последние 5 лет (рис. 1).

На диаграмме отражено число продаж ЭМ в мире за последние 5 лет. В 2019 г. продано 2,08 млн единиц, в 2020 г. количество проданных автомобилей увеличилось на 890 тыс., показав рост на 43 %. В 2021 г. произошел скачок спроса, количество продаж составило 6,5 млн, увеличившись на 3,53 млн по сравнению с 2020 г. В 2022 г. продано 10,2 млн ЭМ (рост +56,9 % по сравнению с 2021 г.). В 2023 г. продажи составляют 13,6 млн единиц ТС (рост +33 %). Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на снижение роста продаж, спрос на ТС с ЭДС остается на высоком уровне. Основанием роста спроса на ЭМ служит возросшая поддержка владельцев авто с ЭДС в странах Европы, Китае, России и др., а также увеличение числа производимых ТС на ЭДС за последние 5 лет. С 2019 г. число проданных ЭМ в мире выросло на 653,8 % (с 2,08 до 13,6 млн единиц).

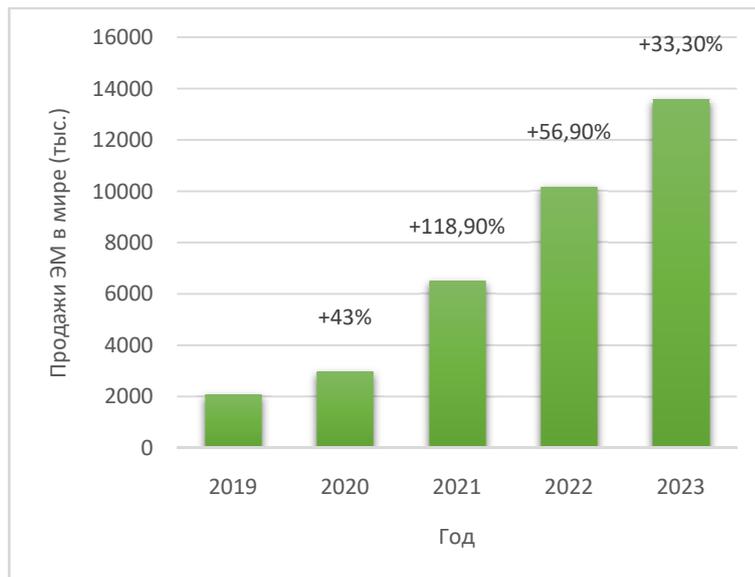


Рис. 1. Статистика продаж ЭМ в мире за последние 5 лет



Рис. 2. Статистика роста числа ЭМ в РФ

На рис. 2 изображена диаграмма роста числа ЭМ в Российской Федерации за последние 5 лет². Статистика взята в сети Интернет из открытых данных аналитических агентств. Из графика видно, что число автомобилей с электрическими двигателями ежегодно увеличивается более чем в 1,5 раза по сравнению с предыдущим годом. Таким образом, в 2019 г. на дорогах России

² Электромобили (рынок России). URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8_\(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8_(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8)) (дата обращения: 28.05.2024).

присутствовало 3157 единиц ЭМ, в 2020 г. число возросло до 8223 единиц (+160 % по сравнению с 2019 г.), в 2021 г. — 14 679 единиц ЭТС (+78,5 % по сравнению с 2020 г.), в 2022 г. количество ЭТС выросло до 23 726 единиц (+61,6 % по сравнению с 2021 г.), в 2023 г. увеличилось на 14 089 и составляет 37 815 единиц (+59,4 % по сравнению с 2022 г.).

На основе этих данных можно сделать вывод, что спрос на ТС с ЭДС растет не только на мировом рынке, но и в России. Причинами роста могут быть как постоянно расширяющиеся государственные меры поддержки владельцев ТС с ЭДС, развитие сетей электрозаправочных станций от стейкхолдеров, переоснащение парка общественного транспорта новыми современными решениями на ЭДС, так и личная заинтересованность граждан в приобретении новых современных автомобилей, а также постепенное замещение автопроизводителями ДВС в автомобилях на ЭДС.

Тем не менее, несмотря на существенный рост автопарка ЭМ в России за последние 5 лет, их доля присутствия на дорогах на данный момент составляет менее 1 % (рис. 3).

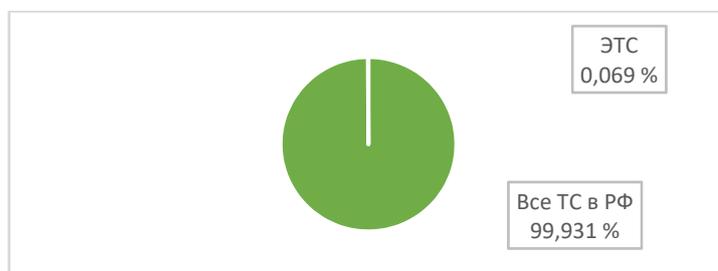


Рис. 3. Доля ЭТС в России

На диаграмме показано, насколько мало присутствие ЭТС в РФ на 2023 г. Всего в России, по статистике на начало 2023 г., насчитывается 54,5 млн единиц автомобилей. Количественно 37 815 автомобилей с электродвигателем составляют 0,069 % общего числа автотранспорта России.

Лидирующую позицию в рейтинге по количеству ЭТС по данным «Автостата»³ в начале 2023 г. заняла Москва — 3400 электроавтомобилей. Второе и третье место заняли Приморский край и Иркутская область — 1700 и 1640 машин соответственно (рис. 4).

При анализе динамики регистрации новых ТС обращает на себя внимание тенденция роста популярности ЭМ в сравнении с автомобилями с ДВС.

При рассмотрении авторынка РФ необходимо учесть состав транспорта. Аналитика также ведется на основе открытой статистики. Транспорт условно можно разделить на 3 категории — личный, общественный и коммерческий.

Коммерческий транспорт включает в себя ТС до 3,5 т. Таким транспортом могут быть грузовые фургоны, грузовики, рефрижераторы, пикапы и т. п.

В составе общественного транспорта на дороге представлены автобусы, троллейбусы и микроавтобусы. Такси к общественному транспорту, согласно постановлению Правительства РФ от 01.10.2020, не относятся.

³ Автостат. URL: <https://www.autostat.ru/> (дата обращения 28.05.2024).

На рис. 5 отражено количественное соотношение автомобильного транспорта в России по итогам 2023 г. Согласно источникам, всего в РФ зарегистрировано 54,5 млн ТС. Из них 46,36 млн (85 %) ТС — легковые личные автомобили, 4,17 млн (8 %) ТС — коммерческие легковые автомобили, 3,6 млн (6 %) — грузовые коммерческие ТС, 360 тыс. (1 %) — автобусы (общественный транспорт).

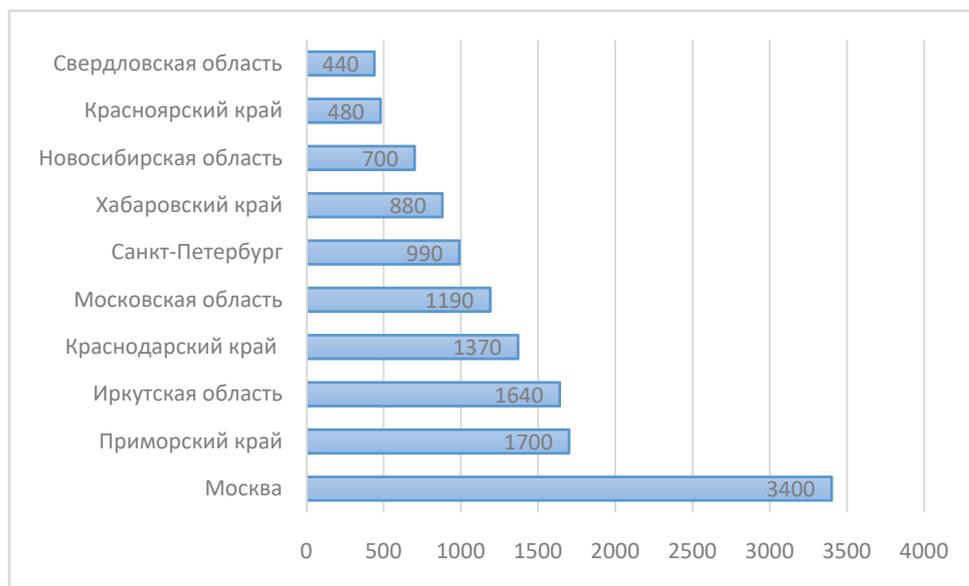


Рис. 4. Регионы с самым большим количеством ЭМ в 2023 г.

Можно заключить, что ЭТ в России развивается быстрыми темпами. Развитие обусловлено многими факторами, такими как технологический переход автопроизводителей на ЭДС, развитие инфраструктуры для внедрения ЭТ в транспортную инфраструктуру городов, льготы от государства, стабилизация цен на ТС. На основе представленных данных можно попытаться спрогнозировать долю ЭТС к 2030 г.

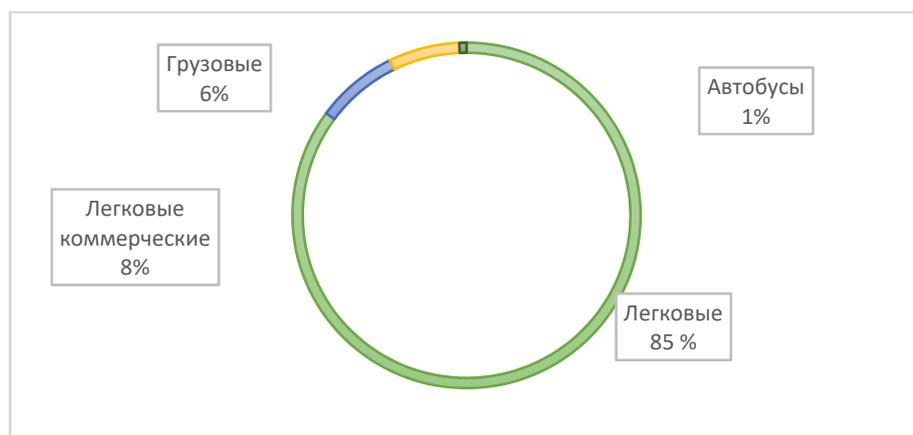


Рис. 5. Доли ТС в РФ

Прогнозирование будет осуществляться по среднему значению темпа роста ЭТС в России за последние 5 лет. Формула расчета среднего значения

$$P_{ev}^{avg} = \frac{\sum_i^n P}{n-1},$$

где P_{ev}^{avg} — среднее значение темпа роста ЭТС в РФ; $\sum_i^n P$ — сумма значений темпа роста за определенную выборку лет; n — срок, за которой производится выборка.

Таким образом, с 2019 по 2023 г. (5 лет) среднее значение темпа роста ЭТС будет составлять

$$P_{ev}^{avg} = \frac{160 + 78,50 + 61,60 + 59,40}{4} = 89,88 \%$$

При таком среднем темпе количество ЭТС в России будет стремительно расти следующие годы, что соответствует многим аналитическим прогнозам.

На рис. 6 представлен график роста числа ТС на ЭДС в течение следующих 7 лет — до 2030 г., согласно среднему темпу роста.

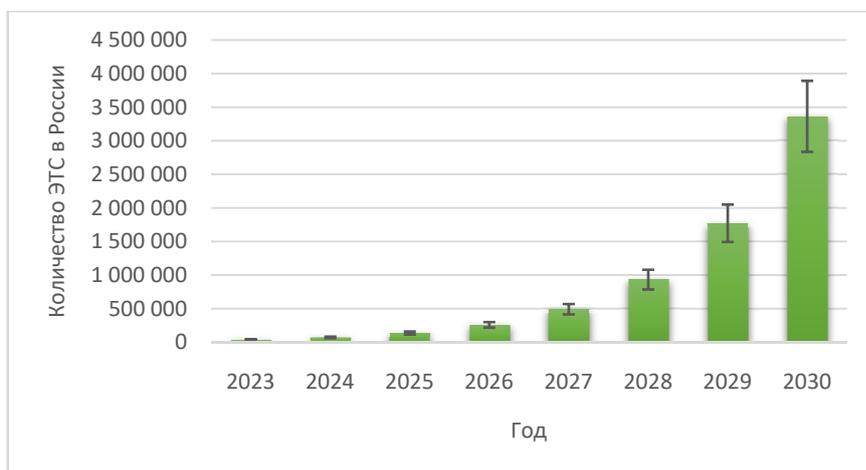


Рис. 6. Прогнозируемый рост количества ЭТС в России к 2030 г.

Согласно графику, к 2030 г., при сохранении среднего темпа роста, количество ЭТС вырастет до 3,3 млн единиц. С учетом средней погрешности, составляющей 15,72 %, количество ЭТС составит от 2,8 до 3,9 млн единиц. Предположим, что общее количество ТС не изменится или изменится не так значительно за это время, тогда доля ЭТС в России будет составлять 6 % (рис. 7).

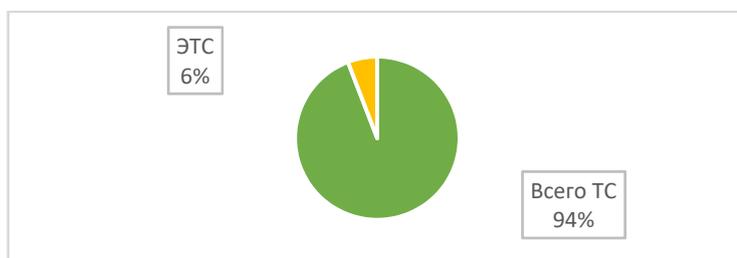


Рис. 7. Доля ЭТС в России к 2030 г.

В связи с этим, основываясь на совокупности приведенных данных, можно сделать вывод, что при прочих неизменных условиях (например, общее количество транспорта, спрос на ЭТС, меры государственной поддержки ЭТ), доля ЭТ в России может вырасти стократно по сравнению с 2023 г. Этот рост будет сопряжен не только с экологическими преимуществами перехода на ЭТ, но и с существующими сегодня с трудностями внедрения ЭТС, некоторые следует брать во внимание уже сейчас (например, подготовить энергетическую инфраструктуру городов к ежегодному росту нагрузки). Данные знания позволяют спланировать и принять превентивные меры по устранению проблем внедрения ЭТС в транспортную инфраструктуру городов России.

Перспективы развития электротранспорта в России

Развитие ЭТ является приоритетным направлением правительства, которое определено Концепцией по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в России. Основными целями развития являются: развитие производства ЭТ и комплектующих, создание транспортной и инженерной инфраструктуры, стимулирование спроса на продукты с принципиально новыми свойствами в области ЭТ, организация послепродажного обслуживания, устранение существующих барьеров для использования автомобильного ЭТ.

Реализация такой программы позволит провести модернизацию парка ЭТС и сопутствующей инфраструктуры, что в свою очередь повысит доступность, комфорт и удобство передвижения по городу. Государственная поддержка развития отечественной электромобильной промышленности полного цикла — от разработки ЭТ до переработки аккумуляторных систем и обеспечения кибербезопасности автомобиля и IT-инфраструктуры — стимулирует развитие целого ряда сопутствующих технологий. Меры по стимулированию внутреннего рынка лития и другого сырья для накопителей энергии и по формированию полной цепочки его переработки, производство собственных энергетических систем позволят создать современное производство ЭМ (Валеева, Калинина, Зорина, Ахметова, 2022).

Потенциальное замещение парка традиционных автомобилей с ДВС на электроавтомобили приведет к падению спроса на нефтепродукты и нефть. Для России, являющейся одним из крупнейших поставщиков нефти и нефтепродуктов на мировом рынке, это создает риски выпадения экспортных доходов, а также сокращения производства с негативными мультипликативными эффектами по всей экономике. Параллельно с этим на мировых рынках будет расти спрос на металлы, необходимые для производства батарей, такие как литий, кобальт, никель, и редкоземельные металлы, что, напротив, создает новые возможности для отечественных горнорудных компаний и экономики в целом (Ростовский, 2024).

Заключение

В последнее время ЭТС становятся настоящим трендом в области развития транспортной инфраструктуры умных городов. Существующие проблемы ЭТ постепенно решаются с помощью активных исследований, а также с помощью внедрения современных технологий. Однако, несмотря на это, помимо проблем самого транспорта необходимо обратить внимание на проблемы

города, связанные с транспортной инфраструктурой, экологией, экономическим влиянием и т. д.

В рамках данного исследования проанализирован транспортный рынок России, проведен анализ и сравнение темпов роста рынка России и мирового с целью понять, насколько быстро происходит внедрение ЭТС в города России. Также на основе анализа рынка проведен прогноз его роста к 2030 г. По результатам прогноза можно сделать вывод, что при прочих неизменных условиях автомобильный транспорт в России будет составлять около 6 % общего числа ТС по сравнению с 0,069 % в 2023 г.

Такая тенденция может быть стимулом к особому вниманию проблемам внедрения ЭТС в городскую среду, к примеру развитию энергетической инфраструктуры городов, установке дополнительных зарядных станций, внедрению возобновляемых источников энергии в энергетическую инфраструктуру городов.

Несмотря на возникающие проблемы, повсеместное внедрение ЭТ в умные города принесет больше преимуществ, как экологических, так и экономических, энергетических и даже технологических, чем потребует ресурсов для решения указанных проблем. Таким образом, внедрение ЭТ является одной из основных задач умных городов, выполнение которой гарантирует стабильное и устойчивое развитие.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Аблязов Т. Х., Асаул В. В., Вишинецкая А. И. Формирование комфортной среды жизни человека на основе концепции «программируемого» города // Московский экономический журнал. 2020. № 8. С. 149—159. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10541

Валева Ю. С., Калинина М. В., Зорина Т. Г., Ахметова И. Г. Стимулирование развития электротранспорта как инструмент развития территории // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 1 (53). С. 156—173.

Перезолова А. С. О проблеме публичного управления в концепции умных городов // ПОЛИТЭКС. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-probleme-ru/article/n/o-probleme-publichnogo-upravleniya-v-kontseptsii-umnyh-gorodov> (дата обращения: 14.10.2024).

Ростовский Й.-К. Оценка влияния рынков электромобилей на перспективы развития отраслей российской промышленности: автореф. дис... канд. экон. наук. М., 2024. 28 с.

Савченко А. Н., Ужегов А. О., Данилов А. Р. «Умный транспорт» для жителей мегаполиса: возможности использования цифровых технологий // Управление в современных системах. 2021. № 2 (30). С. 56—65.

Семячков К. А. Дерево исследований умных городов // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2022. Т. 17. № 4. С. 404—428. DOI: 10.17072/1994-9960-2022-4-404-428

Хамитов Р. М., Князькина О. В., Дмитриев Г. В. «Умный транспорт» как средство повышения качества жизни горожан // Компетентность /Competency (Russia). 2024. № 3. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-3-10-14

Albatayneh A., Assaf M. N., Alterman D., Jaradat M. Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles // *Environmental and Climate Technologies*. 2020. Vol. 24. Pp. 669—680. DOI: 10.2478/rtuect-2020-0041

Alimujiang A., Jiang P. Synergy and co-benefits of reducing CO₂ and air pollutant emissions by promoting electric vehicles — A case of Shanghai // *Energy for Sustainable Development*. 2020. Vol. 55. Pp. 181—189.

Apata O., Bokoro P. N., Sharma G. The Risks and Challenges of Electric Vehicle Integration into Smart Cities // *Energies*. 2023. Vol. 16. P. 5274. DOI: 10.3390/en16145274.

Duan P., Askari M., Hemat K., Ali Z. M. Optimal operation and simultaneous analysis of the electric transport systems and distributed energy resources in the smart city // *Sustainable Cities and Society*. 2021. Vol. 75. Pp. 103306. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103306

Patil H., Kalkhambkar N. V. Grid Integration of Electric Vehicles for Economic Benefits: A Review // *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. 2021. Vol. 9. No. 1. Pp. 13—26. DOI: 10.35833/MPCE.2019.000326

Rietmann N., Hügler B., Lieven T. Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO₂ emissions // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 261. Pp. 121038. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121038

Ruggieri R., Ruggeri M., Vinci G. Efficient energy and electric transport in a Smart City: Evaluation of sustainability and competitiveness // 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Madrid, Spain, 2020, pp. 1—4. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160676

Ruggieri R., Ruggeri M., Vinci G., Poponi S. Electric Mobility in a Smart City: European Overview // *Energies*. 2021. Vol. 14. Pp. 315. DOI: 10.3390/en14020315

Tavakoli A., Saha S., Arif M. T., Haque M. E., Mendi N., Oo A. M. T. Impacts of grid integration of solar PV and electric vehicle on grid stability, power quality and energy economics: a review // *IET Energy Systems Integration*. 2020. Vol. 2. Pp. 243—260. DOI: 10.1049/iet-esi.2019.0047

Weiss M., Cloos K. C., Helmers E. Energy efficiency trade-offs in small to large electric vehicles // *Environ Sci Eur*. 2020. Vol. 32. Pp. 46. DOI: 10.1186/s12302-020-00307-8

Research Article

Ivan A. Danilov✉

Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: danilov_ivan98@bk.ru

Marina M. Petryankina

Postgraduate Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: marinamb@yandex.ru

Irina V. Bgantseva

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of Foreign Languages Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: irina07085@rambler.ru

Natalya P. Sadovnikova

Doctor of Engineering Sciences, Professor of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, Volgograd State Technical University (VSTU).
1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: n_sadovnikova@vstu.ru; ORCID: 0000-0002-7214-9432

**TRENDS OF ELECTRIC TRANSPORT DEVELOPMENT
IN SMART CITIES⁴**

Abstract. A smart city should provide comfort, convenience and safety for citizens. One of the main directions of smart city development is transportation infrastructure. A trend for the introduction of smart electric transport has been formed in recent years in the field of urban transport infrastructure research. However, in addition to a number of advantages, such implementation also carries a number of challenges for the urban environment. The aim of the paper is to determine the pace of development of electric transportation in Russia and the world, to identify the trend and forecast based on existing statistics. The article analyzes the existing problems of introduction of smart electric transport into the urban infrastructure, as well as the development of electric transport in smart city. Forecasting of the growth of the number of electric vehicles in Russia based on the growth statistics for the last 5 years has been carried out. Based on the forecast, the share of electric vehicles presence by 2030 is approximately estimated. At the moment electric vehicles occupy less than 0.1 % of the total number of vehicles on the roads of Russia, however, if the trends of growth in demand for EVs formed over the last 5 years continue, EVs will begin to displace vehicles with other types of engines already by 2030. In this regard, measures to solve the problems of EV's implementation in the city's transportation infrastructure should be taken in advance.

Key words: smart city, transportation infrastructure, electric vehicles, smart transportation, forecasting

For citation: Danilov I. A., Petryankina M. M., Bgantseva I. V., Sadovnikova N. P. (2024) Trends of electric transport development in smart cities. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 3, pp. 77—90 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2024_3_77

Acknowledgements

The authors express gratitude to colleagues from the Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, VSTU involved in the development of the project.

REFERENCES

- Abyazov T. H., Asaul V. V., Vishnivetskaya A. I. (2020) Creating a comfortable human life environment based on the concept of a “programmable,, city. *Moscow Economic Journal*, no. 8, pp. 149—159. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10541
- Albatayneh A., Assaf M. N., Alterman D., Jaradat M. (2020) Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles. *Environmental and Climate Technologies*, vol. 24, pp. 669—680. DOI: 10.2478/rtuct-2020-0041

⁴ The study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF) and the Administration of the Volgograd Oblast (Russia) No. 22-11-20024, <https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>

- Alimujiang A., Jiang P. (2020) Synergy and co-benefits of reducing CO₂ and air pollutant emissions by promoting electric vehicles — A case of Shanghai. *Energy for Sustainable Development*, vol. 55, pp. 181—189.
- Apata O., Bokoro P. N., Sharma G. (2023). The Risks and Challenges of Electric Vehicle Integration into Smart Cities. *Energies*, vol. 16. Pp. 5274. DOI: 10.3390/en16145274
- Duan P., Askari M., Hemat K., Ali Z. M. (2021). Optimal operation and simultaneous analysis of the electric transport systems and distributed energy resources in the smart city. *Sustainable Cities and Society*, vol. 75, pp. 103306. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103306
- Khamitov R. M., Knyaz'kina O. V., Dmitriev G. V. (2024) Smart Transport as a Means of Improving the Quality of Citizens Life. *Competency (Russia)*, no. 3. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-3-10-14
- Patil H., Kalkhambkar N. V. (2021) Grid Integration of Electric Vehicles for Economic Benefits: A Review. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, vol. 9, no. 1, pp. 13—26. DOI: 10.35833/MPCE.2019.000326
- Perezolova A. S. (2015) On the problem of public administration in the concept of smart cities. POLITEKS. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-probleme-ru/article/n/o-probleme-publichnogo-upravleniya-v-kontseptsii-umnyh-gorodov>. Accessed: 14.10.2024 (in Russian).
- Rietmann N., Hügler B., Lieven T. (2020) Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO₂ emissions. *Journal of Cleaner Production*, vol. 261, pp. 121038. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121038
- Rostovsky J.-K. Assessing the Impact of Electric Vehicle Markets on the Development Prospects of Russian Industrial Sectors. Cand Sci. Econ. Diss. Moscow, 2024. 28 p. (in Russian).
- Ruggieri R., Ruggeri M., Vinci G., 2020. Efficient energy and electric transport in a Smart City: Evaluation of sustainability and competitiveness. In: 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe). Presented at the 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), IEEE, Madrid, Spain, pp. 1—4. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160676
- Ruggieri R., Ruggeri M., Vinci G., Poponi S. (2021) Electric Mobility in a Smart City: European Overview. *Energies*, vol. 14, pp. 315. DOI: 10.3390/en14020315
- Savchenko A. N., Uzhegov A. O., Danilov A. R. (2021) “Smart transport” for residents of megapolis: opportunities of using digital technologies. *Upravlenie v sovremennykh sistemakh* [Management in Modern Systems], no. 2, pp. 56—65 (in Russian).
- Semyachkov K. A. (2022) Smart city research tree. *Perm University Herald. Economy*, vol. 17, no. 4, pp. 404—428 (in Russian). DOI: 10.17072/1994-9960-2022-4-404-428
- Tavakoli A., Saha S., Arif M. T., Haque M. E., Mendi, N., Oo A. M. T. (2020) Impacts of grid integration of solar PV and electric vehicle on grid stability, power quality and energy economics: a review. *IET Energy Systems Integration*, vol. 2, pp. 243—260. DOI: 10.1049/iet-esi.2019.0047
- Valeeva J. S., Kalinina M. V., Zorina T. G., Akhmetova I. G. (2022) Encouraging the development of electric transport as a tool for territorial development. *Kazan State Power Engineering University Bulletin*, vol. 14, no. 1 (53), pp. 156—173 (in Russian).
- Weiss M., Cloos K. C., Helmers E. (2020) Energy efficiency trade-offs in small to large electric vehicles. *Environ Sci Eur*, vol. 32, pp. 46. DOI: 10.1186/s12302-020-00307-8.

Поступила в редакцию 07.06.2024
Принята в печать 14.10.2024

Received 07.06.2024
Accepted for publication 14.10.2024