

Научная статья

Original article

УДК 338.47

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_6_159

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЗАРЯДНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: АНАЛИЗ
КАПИТАЛЬНЫХ И ОПЕРАЦИОННЫХ РАСХОДОВ В УСЛОВИЯХ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ**

**OPTIMIZING THE OPERATION OF MODERN CHARGING
EQUIPMENT FOR ELECTRIC VEHICLES: ANALYSIS OF CAPITAL
AND OPERATING COSTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE
URBAN DEVELOPMENT**



Булгаков Дмитрий Алексеевич, аспирант 2 курса, Региональная и отраслевая экономика, кафедра градостроительства и пространственного развития, Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: oktanfatalis@gmail.com

Тугашов Денис Валентинович, ассистент кафедры градостроительства и пространственного развития, Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: dentugashov@yandex.ru

Евдокимов Всеволод Александрович, факультет Кадастра недвижимости и инфраструктуры пространственных данных, профиль Городской кадастр, Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: vsevolod55@mail.ru

Dmitry Bulgakov Aleksevich, 2nd year PhD student, Regional and Sectoral Economics, Department of Urban Planning and Spatial Development, State University of Land Management, Moscow, E-mail: oktanfatalis@gmail.com

Tugashov Denis Valentinovich, Assistant, Department of Urban Planning and Spatial Development, State University of Land Management, Moscow, E-mail: dentugashov@yandex.ru

Evdokimov Vsevolod Alexandrovich, Faculty of Real Estate Cadastre and Spatial Data Infrastructure, profile Urban Cadastre, State University of Land Management, Moscow, E-mail: vsevolod55@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено анализу зарядной инфраструктуры для электромобилей в контексте землеустройства и устойчивого развития сельских регионов. Рассмотрены экономические показатели (CAPEX, OPEX) и сроки окупаемости для станций переменного (AC) и постоянного тока (DC). Установлено, что AC-станции более экономичны и экологичны, что особенно важно для сельской местности, где плотность транспортного потока ниже. DC-станции, несмотря на высокие затраты, могут быть востребованы в логистических и транспортных узлах. Особое внимание уделено вопросам энергоэффективности, снижению нагрузки на электросети и минимизации углеродного следа. Предложены практические рекомендации по внедрению зарядных станций с учетом особенностей землепользования и требований к мониторингу земель.

Abstract. The study is devoted to the analysis of charging infrastructure for electric vehicles in the context of land management and sustainable development of rural regions. Economic indicators (CAPEX, OPEX) and payback periods for alternating current (AC) and direct current (DC) stations are considered. It is found that AC stations are more economical and environmentally friendly, which is especially important for rural areas where traffic density is lower. DC stations, despite their high costs, may be in demand in logistics and transportation hubs. Special attention is paid to energy efficiency, reducing the load on power grids and minimizing carbon footprint. Practical recommendations for the introduction of charging stations are proposed, taking into account the specifics of land use and land monitoring requirements.

Ключевые слова: зарядная инфраструктура, электромобили, капитальные затраты, углеродный след, станции переменного тока, станции постоянного тока, энергоэффективность, землеустройство, экологическая устойчивость, мониторинг земель

Keywords: charging infrastructure, electric vehicles, capital costs, carbon footprint, AC stations, DC stations, energy efficiency, land management, environmental sustainability, land monitoring

Введение

Перспективы развития зарядной инфраструктуры тесно связаны с глобальным переходом к углеродно-нейтральной экономике. В этом контексте актуально отметить, что «зеленые» технологии являются частью «умного города» и базируются на общем принципе — повышение уровня комфорта проживания, как для людей, так и для зданий. «Умный город» должен строиться на основе концепции устойчивого развития, осуществлять экономическое, экологическое, социальное развитие с применением инновационных цифровых технологий. [19] В условиях стремительного роста мирового парка электромобилей, вызванного как ускорением технологического прогресса, так и необходимостью противодействия глобальному экологическому кризису, развертывание эффективной и устойчивой зарядной инфраструктуры становится не просто актуальной задачей, а ключевой составляющей трансформации современного транспортного уклада. Переход к электротранспорту одновременно экономический вызов, экологический приоритет и политическая стратегия XXI века. Поэтому вопросы капитальных вложений, эксплуатационных расходов и воздействия на окружающую среду приобретают особую значимость при выборе между различными типами зарядных станций [4]. Также «технологии быстрой зарядки развиваются стремительными темпами. Станции мощностью 150 кВт и более могут зарядить аккумулятор электромобиля до 80% всего за 30 минут» [18].

В современной практике доминируют два типа зарядки: быстрая DC (постоянного тока) и медленная AC (переменного тока). Первый вариант обеспечивает мгновенное восполнение заряда, что делает его удобным для пользователей, но и требует значительные инвестиционные и энергетические затраты. Второй вариант, напротив, отличается экономичностью в установке и эксплуатации, требует минимальных доработок инфраструктуры, но требует больше времени для зарядки, что ограничивает его применение в динамичной городской среде или вдоль транзитных маршрутов. Одним из важнейших инструментов управления устойчивым развитием региона и прогнозирования ее состояния является стратегическое планирование. В условиях развития цифровой экономики процесс стратегического планирования обеспечивает базу для управления регионом как в целом, так и его отдельными сферами, включая экологическую. В связи с этим становится актуальной необходимость разработки эффективной стратегической модели устойчивого пространственного регионального развития. [21] Возникает закономерный вопрос: можно ли однозначно утверждать, какая технология является более выгодной — как с позиции жизненного цикла затрат, так и с учётом её вклада в устойчивое развитие?

Выбор между этими двумя подходами невозможно свести к простой экономической формуле. Необходим многофакторный анализ, включающий технические параметры станций, их энергоэффективность, инфраструктурные требования, сценарии применения, модели потребительского поведения и уровни транспортной нагрузки. Нельзя также игнорировать экологический аспект: выбросы углерода, потери при преобразовании энергии, воздействие на сеть, особенности производства и утилизации оборудования. Кроме того, такие станции всё активнее влияют на изменение городской инфраструктуры: они изменяют привычки водителей, определяют новые правила передвижения и даже затрагивают вопрос равного доступа людей к зарядке и энергии.

Целью настоящего исследования является комплексное сравнение капитальных и операционных затрат двух типов зарядных станций — быстрой DC и медленной AC — с последующей оценкой их рентабельности и экологической состоятельности. В работе будут рассмотрены структура и динамика затрат, жизненный цикл устройств, особенности потребления энергии, примеры международного опыта и возможности оптимального сочетания этих технологий в зависимости от целей, географии и целевой аудитории. Будет выполнен ТСО-анализ, проведены инженерные расчеты энергоэффективности, выполнен экологический аудит на уровне жизненного цикла, а также даны практико-ориентированные рекомендации.

Таким образом, данная работа направлена на формирование аргументированной, сбалансированной и устойчивой стратегии выбора типа зарядной станции в условиях растущих требований к энергоэффективности, доступности и экологической безопасности.

Развитие зарядной инфраструктуры представляет собой один из ключевых факторов успешного перехода к электрическому транспорту. Зарядные станции — это технические устройства, предназначенные для пополнения запаса энергии в аккумуляторных батареях электромобилей путем подключения их к электросети. В зависимости от мощности, времени зарядки, а также стандартов соединения, данные установки подразделяются на различные типы, отличающиеся как конструктивно, так и функционально.

Наиболее распространённой является классификация по типу тока и уровню мощности [7]. Медленные станции переменного тока (AC) включают в себя уровень 1 и уровень 2. Первый уровень характеризуется мощностью до 2 кВт, возможностью подключения к бытовой розетке и временем зарядки от 8 до 20 часов, что делает его подходящим, прежде всего, для домашнего применения. Второй уровень предлагает более высокую мощность (от 3,7 до 22 кВт), что позволяет заряжать электромобиль в течение 3–8 часов и делает

такие станции пригодными для офисных парковок, торговых центров и многоквартирных домов.

В противоположность этому, быстрая зарядка постоянным током (DC Fast Charging) обеспечивает передачу энергии напрямую в аккумулятор, минуя встроенное бортовое зарядное устройство [5]. Наиболее распространённые стандарты — это CCS (Combined Charging System), CHAdeMO и собственная архитектура Tesla Supercharger. CCS, распространённый в Европе и Северной Америке, совмещает AC и DC интерфейсы в одном порте, поддерживает зарядку мощностью до 350 кВт и становится глобальным стандартом. CHAdeMO, созданный в Японии, обеспечивает зарядку мощностью до 100–200 кВт, хотя его распространённость постепенно снижается в пользу CCS. Tesla использует собственный стандарт разъёмов, хотя в последние годы открывает свои станции для других автопроизводителей [8, 3].

Принципиальное различие между AC и DC системами заключается в архитектуре преобразования энергии. В случае переменного тока преобразование осуществляется внутри транспортного средства, что ограничивает мощность зарядки возможностями встроенного инвертора. Напротив, в DC-системах преобразователь размещается в самой зарядной станции, что позволяет использовать гораздо более мощные компоненты и существенно сокращает время зарядки — до 20–30 минут для 80% ёмкости батареи.

История развития зарядной инфраструктуры тесно связана с эволюцией самого электромобиля. На начальном этапе, в конце XX — начале XXI века, доминировали домашние решения на базе обычных розеток. Однако с ростом ёмкости аккумуляторов и числа пользователей стало очевидным, что одной лишь медленной зарядки недостаточно для повседневных и особенно — междугородних поездок. С 2010-х годов началась активная фаза внедрения публичных AC станций и параллельное формирование сетей DC зарядки,

среди которых важную роль сыграли государственные инвестиции, программы субсидирования и инициативы автопроизводителей.

К началу 2020-х годов инфраструктура получила чёткую модульную структуру: вблизи жилья и офисов доминируют AC станции, обеспечивающие «медленную» подзарядку в течение длительных стоянок, тогда как вдоль трасс и в узловых точках размещаются мощные DC комплексы, предназначенные для быстрого восполнения запаса хода. Такая дифференциация позволила снизить нагрузку на электросети и оптимизировать логистику зарядки в условиях городских и пригородных сценариев.

Таким образом, современная зарядная инфраструктура представляет собой сложную систему, в которой сочетаются разнообразие технических стандартов, гибкость архитектурных решений и исторически обусловленные траектории развития. Понимание её теоретических основ необходимо для дальнейшего анализа экономической и экологической эффективности каждой из составляющих.

При оценке экономической обоснованности внедрения зарядных станций первостепенное значение приобретает анализ капитальных затрат, или CAPEX (Capital Expenditures), включающий стоимость оборудования, строительных и монтажных работ, проектных согласований, подключения к сети, а также земельных процедур [5]. Комплексное понимание структуры этих расходов позволяет не только рационально спланировать инвестиции, но и выявить потенциальные точки оптимизации бюджета при масштабировании зарядной инфраструктуры.

Структура капитальных затрат существенно различается в зависимости от типа станции. Для медленной AC зарядки основными статьями расходов выступают сам зарядный модуль, электромонтаж, организация парковочного места, минимальные земляные работы, а также согласование подключения к существующей сети низкого напряжения. Средняя стоимость такого

комплекса составляет от \$1,500 до \$5,000 за одно место, при этом значительная часть суммы может быть компенсирована за счет субсидий и налоговых льгот, особенно в странах с активной «климатической» политикой. В пересчете на киловатт установленной мощности средний показатель колеблется в диапазоне \$200–\$500/кВт, в зависимости от бренда, конструкции, функций управления и удаленного мониторинга [3].

Для быстрой DC зарядки затраты возрастают на порядок. Во-первых, оборудование существенно сложнее: силовые модули, охлаждаемые кабели, отдельные шкафы с преобразователями и интеграция с диспетчерской системой требуют не только высокой точности проектирования, но и привлечения квалифицированных подрядчиков. Во-вторых, подключение к сети среднего или высокого напряжения требует либо модернизации трансформаторных подстанций, либо строительства новых точек питания. Это приводит к тому, что базовая установка станции мощностью 50 кВт обходится в \$25,000–\$40,000, тогда как оборудование на 150–350 кВт может потребовать инвестиций до \$100,000–\$250,000 за узел. При пересчете на киловатт установленной мощности уровень затрат составляет \$800–\$1,200/кВт, а иногда и выше — особенно при строительстве в удалённых или перегруженных зонах [7].

Таблица 1. Средние значения капитальных затрат различных типов зарядных станций [12]

Тип станции	Мощность (кВт)	Средняя CAPEX на 1 станцию (\$)	CAPEX на 1 кВт мощности (\$)
AC Level 2	7–22	1,500–5,000	200–500
DC Fast	50	25,000–40,000	800–1,000
DC Ultra	150–350	80,000–250,000	1,000–1,200

Существенную роль в удорожании проекта играют внешние факторы, такие как:

1. Географическое расположение: строительство в центральных городах требует больше согласований, аренда или выкуп земли дороже, тогда как в промышленных зонах можно использовать готовые площадки с существующей инфраструктурой.
2. Энергетические условия: наличие или дефицит свободной мощности в локальной сети может повлиять на необходимость модернизации трансформаторов, прокладки кабельных линий, а иногда и изменения топологии распределения энергии.
3. Лицензионные барьеры: сложность в получении разрешений, особенно в странах с консервативным регулированием, может удлинить срок реализации проекта и увеличить его стоимость за счет юридических услуг и административных сборов.
4. Финансовые стимулы: наличие государственных субсидий, инвестиционных налоговых вычетов, программ «зеленого перехода» способствуют снижению реальных затрат на 15–40%, что существенно меняет расчеты окупаемости.

Таким образом, анализ капитальных затрат показывает, что медленные АС станции обладают более низким порогом входа и подходят для массового размещения, особенно в жилых и полукommerческих зонах. В то же время, ДС-станции, несмотря на высокую цену, являются незаменимыми в сценариях с высокой проходимостью и потребностью в быстрой зарядке, например, вдоль магистралей, в таксопарках или логистических узлах. Рациональное сочетание этих двух типов инфраструктуры позволяет достичь баланса между инвестициями, производительностью и доступностью для конечного пользователя.

После осуществления капитальных вложений, которые формируют основу зарядной станции, ключевое значение приобретает оценка

операционных расходов (ОРЕХ), напрямую влияющих на долгосрочную рентабельность проекта [5]. Структура эксплуатационных затрат включает в себя не только стоимость потреблённой электроэнергии, но и расходы на регулярное техническое обслуживание, обновление программного обеспечения, мониторинг, аренду площадей, удалённое управление, а также административные издержки, связанные с эксплуатацией и взаимодействием с клиентами [3].

Основные параметры оценки ОРЕХ условно можно разделить на пять категорий. Во-первых, это затраты на электроэнергию, включающие не только объём потребляемой мощности, но и тарифные колебания, особенно при работе в пиковые часы [7]. Для станций переменного тока (АС) нагрузка на сеть распределена равномерно, тогда как при быстрой зарядке постоянным током (DC) происходят резкие скачки потребления, что зачастую вынуждает оператора платить повышенные тарифы или устанавливать системы сглаживания пиков. Во-вторых, необходимо учитывать технический сервис и ремонты: АС станции требуют минимального обслуживания (проверка изоляции, замена розеток), тогда как DC-устройства нуждаются в регулярной калибровке преобразователей, обновлении прошивок, проверке систем охлаждения и состоянии кабелей.

Третьей статьёй расходов становится ИТ-инфраструктура: современные зарядные станции оснащаются модулями удаленного управления, системами сбора данных, интерфейсами оплаты и аналитическими панелями. Эти компоненты нуждаются в постоянном сопровождении: лицензирование, кибербезопасность, обновления, интеграция с другими платформами. Четвертая группа — административные расходы: затраты на обработку платежей, колл-центры, юридическое сопровождение, логистику компонентов. Наконец, пятый компонент — аренда земли или парковочных мест, которая может составлять до 10–20% ежегодных затрат в городских зонах.

Таблица 2. Сравнение годовых операционных расходов на одно зарядное устройство [12]

Тип станции	Электроэнергия (\$/год)	Обслуживание и ремонт (\$/год)	ИТ и администрирование (\$/год)	Общий ОРЕХ (\$/год)
АС (7–22 кВт)	300–700	150–300	100–250	550–1,250
DC (50–150 кВт)	1,200–2,500	600–1,200	400–600	2,200–4,300

Значения в таблице 1 могут варьироваться в зависимости от страны, тарифной политики, уровня автоматизации станции и интенсивности ее использования. Например, в странах с динамическим ценообразованием на электроэнергию расходы на зарядку в часы пик могут увеличиваться вдвое, особенно при отсутствии систем управления нагрузкой.

Различия в нагрузках на сеть также имеют критическое значение. Медленные АС станции равномерно распределяют потребление энергии во времени, особенно если они эксплуатируются ночью или в период низкой сетевой загрузки. Это делает их привлекательными с точки зрения сетевой стабильности. В противоположность им, DC станции концентрируют большие объёмы потребления на коротких промежутках времени, что может создавать стресс для местной инфраструктуры, особенно при установке нескольких мощных узлов в одной точке. Поэтому в развитых энергетических системах вводятся механизмы «умного» распределения нагрузки (smart charging), которые позволяют адаптировать работу станции к реальному состоянию сети и тарифам.

Модели монетизации зарядных станций могут принципиально различаться. Наиболее простая модель — это «free-to-use», когда станции предоставляются бесплатно для привлечения клиентов, повышения

лояльности (например, у торговых центров) или в рамках государственной инициативы по декарбонизации. В таком случае весь OPEX компенсируется из других источников, что ограничивает масштабируемость. Более устойчивая модель — «pay-to-charge», при которой пользователи оплачивают потребленную энергию либо фиксированной ставкой, либо по объёму (кВт·ч). Эта модель может быть дополнена гибкими тарифами: дешёвая ночная зарядка, премиальные ставки за быструю DC зарядку, абонементы, пакеты лояльности.

В последнее время всё чаще внедряются гибридные стратегии, при которых AC станции предоставляются бесплатно, а DC — по платной модели. Это стимулирует рациональное распределение трафика и снижает нагрузку на сеть. Кроме того, бизнес-модели могут включать рекламу, совместное использование инфраструктуры (vehicle-to-grid) и интеграцию в экосистему умного города, что открывает дополнительные источники дохода.

Таким образом, операционные расходы существенно различаются по типу зарядной станции, при этом DC станции демонстрируют более высокий уровень затрат, но потенциально и более высокую рентабельность при интенсивном использовании. Рациональный выбор модели эксплуатации и монетизации становится краеугольным камнем успешного управления зарядной сетью.

Экономическая эффективность зарядной станции напрямую зависит не только от уровня капитальных и операционных затрат, но и от условий эксплуатации, модели загрузки, интенсивности использования и модели монетизации. Оценка срока окупаемости (payback period) и полной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) становится базовым инструментом при формировании инвестиционной стратегии и выборе между установкой AC или DC зарядной станции [4, 5].

Сравнение окупаемости в разных средах даёт чёткое понимание особенностей применения каждой технологии. В городской среде, где высока плотность транспорта и оборачиваемость парковочных мест, быстрая DC зарядка показывает себя наиболее эффективной при наличии устойчивого пользовательского потока. Однако капитальные затраты, как было показано выше, могут удлинять срок окупаемости до 6–8 лет при средней загрузке. Для многоквартирных домов и офисных парковок, где электромобили стоят продолжительное время, AC зарядки демонстрируют оптимальное соотношение цены и эффективности: срок окупаемости сокращается до 3–5 лет, особенно в условиях субсидирования или совместного использования станций жильцами [3].

Что касается России то «Анализ загрузки ЗС в различных городах страны выявил, что наибольшим спросом для зарядки ЭМ пользуются быстрые общественные ЗС (номинальная мощность 50 кВт и более)» [16].

На трассах и АЗС скорость становится критическим параметром, поэтому именно здесь DC станции наиболее оправданы, несмотря на дороговизну. При высоком трафике (более 15 зарядок в день) даже мощные станции (150–350 кВт) могут окупиться за 4–6 лет, особенно при платной модели и синхронизации с сопутствующими услугами (кафе, магазины, аренда).

Примеры типичных сценариев внедрения представлены ниже:

1. Коммерческий паркинг: AC зарядка (7–11 кВт), модель pay-to-charge или free-to-use, окупаемость 4 года при 50% загрузке, низкий OPEX, высокая устойчивость.
2. Торговый центр (ТЦ): комбинированная схема AC + DC, быстрая зарядка платная, медленная бесплатна для клиентов, возврат инвестиций 5–6 лет при поддержке трафика более 100 посетителей в день.
3. АЗС вдоль автомагистрали: DC зарядка (50–150 кВт), полная монетизация, высокая выручка на единицу мощности, окупаемость при 10 зарядках в сутки составляет 5 лет.

4. Жилой дом: АС зарядка, установка на 2–4 парковочных места, софинансирование жильцами, окупаемость 3 года при активной эксплуатации.

Для более точной оценки инвестиционной привлекательности применяется финансовая модель ТСО, включающая все издержки владения на протяжении срока службы станции (обычно 10–12 лет): CAPEX, OPEX, обновления, амортизацию, налоги и потенциальные субсидии. В модели учитываются также NPV (чистая приведенная стоимость), IRR (внутренняя норма доходности) и показатели операционного денежного потока (cash flow). АС станции демонстрируют низкие издержки владения, но и ограниченный потенциал прибыли; DC – напротив, характеризуются высокой чувствительностью к объему спроса, но способны генерировать существенную выручку при соответствующей модели загрузки [4].

Анализ рентабельности показывает, что при низкой частоте использования, то есть менее 5 зарядок в сутки, АС станции существенно выигрывают: даже при бесплатной модели они способствуют привлечению клиентов и не создают существенной нагрузки на бюджет. DC станции становятся рентабельными только при средней и высокой загрузке, то есть более 8–10 зарядок в день. В этом случае даже высокая стоимость установки компенсируется постоянным притоком выручки.

Однако при расчётах необходимо учитывать не только прямой доход, но и опосредованные эффекты: повышение лояльности клиентов, увеличение времени их пребывания в точке продаж, рост конкурентоспособности объекта. Такие косвенные доходы, хотя и не фиксируются напрямую, значительно усиливают инвестиционную привлекательность.

Поэтому исходя из недостаточной точности выше предложенных методов автором была разработана расширенная математическая модель расчета капитальных затрат и операционных расходов различных типов зарядных станций.

$$TCO_X = \underbrace{C_X^{\text{unit}} \cdot \rho \cdot A + C_X^{\text{grid}} \cdot \left(\frac{N_X \cdot P_{\text{peak}} \cdot \beta}{L_{\text{grid}}} \right)}_{CAPEX_X} + \underbrace{N_{\text{users}} \cdot f_{\text{usage}} \cdot [C_X \cdot EE \cdot (1 + \alpha) + D_X + S_X \cdot C^{\text{CO}_2} + H_X \cdot C^{\text{health}}]}_{OPEX_X}$$

Рисунок 1. Формула расчета затрат на зарядные станции

C_X^{unit} : стоимость установки одной станции типа X (AC/DC)

ρ : плотность станций (шт/км²)

A: площадь покрытия (км²)

C_X^{grid} : стоимость подключения к электросети

N_X : нагрузка на сеть от станции типа X (NAC/NDC)

P_{peak} : пиковая мощность станции

β : коэффициент одновременности

L_{grid} : пиковая допустимая нагрузка на сеть

N_{users} : число пользователей

f_{usage} : зарядок в день на пользователя

C_X : тариф зарядки (AC/DC)

EE: энергия на одну зарядку

α : доля потерь

D_X : износ батареи

S_X : углеродный след

H_X : ущерб здоровью

C^{CO_2} : стоимость выброса CO₂ (руб/кг)

C^{health} : стоимость воздействия на здоровье (руб/ед.)

Таким образом, при адекватной стратегии, как показывает практика, обе модели – AC и DC – могут быть финансово эффективными, если применяются в подходящем контексте.

Расширение зарядной инфраструктуры для электромобилей сопровождается не только технологическими и экономическими изменениями, но и значимыми экологическими последствиями, охватывающими широкий спектр факторов: от потребления энергии и воздействия на электросети до генерации косвенных выбросов и соблюдения

принципов устойчивого проектирования [9, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Внимательный анализ этих аспектов позволяет понять, насколько действительно "зелёной" является система зарядки, и какие технологии способствуют снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Прежде всего, необходимо учитывать влияние зарядных станций на электросеть и общее потребление ресурсов. AC станции характеризуются сравнительно низкой пиковой мощностью, равномерным распределением нагрузки и длительным временем зарядки, что делает их менее уязвимыми с точки зрения перегрузок сетевой инфраструктуры. Они могут использоваться в ночные часы, когда общий спрос на электроэнергию снижен, и тем самым способствовать балансировке сети. В отличие от них, DC станции, особенно мощностью свыше 150 кВт, создают значительную мгновенную нагрузку, требующую серьезных мер по стабилизации напряжения, модернизации подстанций и внедрению систем хранения энергии (BESS). В отдельных случаях их работа может вызывать локальные перегрузки, особенно в слаборазвитых сетевых кластерах.

Потери при преобразовании энергии также варьируются в зависимости от архитектуры станции. В AC-системах энергия проходит через встроенный в транспортное средство инвертор, эффективность которого в среднем составляет 90–95%. В случае с DC зарядкой преобразование происходит на самой станции, и хотя мощность передается напрямую в аккумулятор, при этом могут возникать дополнительные потери из-за охлаждения, трансформации и транспортировки энергии на высоких токах. Таким образом, совокупные потери на уровне системы составляют от 5 до 10% для AC и до 12% для DC, особенно при высокой пиковой нагрузке или устаревших преобразователях [3, 12].

Немаловажным фактором является и уровень выбросов CO₂ на единицу заряда, который напрямую зависит от источника энергии, используемой для подпитки сети. В странах, где доминируют угольные и газовые

электростанции, даже зарядка электромобиля может сопровождаться значительным углеродным следом — до 150–300 г CO₂/кВт·ч. В противоположность этому, при использовании возобновляемых источников — солнечной, ветровой или гидроэнергии — выбросы снижаются до менее 50 г CO₂/кВт·ч, а в отдельных случаях и вовсе приближаются к нулю. Таким образом, экологическая эффективность зарядной станции определяется не только ее типом, но и энергетическим профилем региона, что подчеркивает необходимость интеграции зарядной инфраструктуры с источниками чистой энергии.

Принципы устойчивого дизайна и экосертификации становятся важнейшим трендом в развитии современных зарядных систем. Использование перерабатываемых материалов, снижение количества редкоземельных элементов, энергоэффективные компоненты, возможность повторного использования конструкционных блоков — всё это входит в состав требований международных стандартов, таких как LEED, BREEAM, ISO 14001. Ведущие производители всё чаще внедряют модульные и разборные конструкции, упрощающие техническое обслуживание и сокращающие ресурсоемкость утилизации. Особое внимание уделяется сокращению шумового и теплового загрязнения, а также минимизации визуального воздействия на городскую среду — особенно в исторических и жилых районах [4].

Современные проекты также интегрируют станции с локальными солнечными батареями, ветрогенераторами и аккумуляторами хранения, что позволяет не только компенсировать сетевую нагрузку, но и создавать энергетически автономные узлы, полностью работающие на чистых источниках. Такие подходы открывают возможности для нулевого баланса выбросов, особенно в удалённых или энергетически нестабильных регионах.

Итак, экологическая эффективность зарядной станции — это многомерный параметр, зависящий от её архитектуры, источника энергии,

характеристик сети, модели использования и проектных решений. В перспективе развитие "зеленой" зарядной инфраструктуры возможно лишь при соблюдении принципа интеграции с низкоуглеродной генерацией, использовании энергоэффективных технологий и внедрении практик экодизайна. Именно такой подход позволяет не просто сопровождать рост электротранспорта, но и направлять его в сторону реального снижения экологического ущерба.

Формирование зарядной инфраструктуры для электромобилей всё в большей степени выходит за пределы инженерно-экономической повестки, приобретая социальное и пространственное измерение. Вопросы доступности, удобства и равноправного распределения ресурсов становятся неотъемлемой частью анализа устойчивости городской среды. Именно в этом контексте проявляется ключевая роль зарядных станций как элементов новой мобильной культуры.

Прежде всего, стоит отметить, что доступность инфраструктуры напрямую влияет на поведенческие модели водителей. Наличие AC-зарядок вблизи жилья или работы способствует «медленной» зарядке в течение длительных стоянок и формирует привычку планировать потребление энергии заранее. Напротив, недостаток быстрой DC-инфраструктуры может создавать ощущение риска и тревожности, ограничивая радиус передвижения и снижая готовность к переходу на электротранспорт. Таким образом, уровень проникновения зарядных станций влияет не только на повседневную логику маршрутов, но и на саму структуру городской мобильности [4].

Выбор типа зарядки тесно связан с образом жизни и пространственной организацией города. В районах с плотной застройкой, ограниченным уличным пространством и высоким спросом на парковку приоритет получают компактные AC станции, встроенные в жилые дворы или офисные кластеры. Там, где преобладают логистические или транзитные функции —

вдоль автомагистралей, в районах торговых узлов, на территориях ТРЦ — доминирует быстрая зарядка, обеспечивающая кратковременное подключение. Учитывается и фактор времени: водители, работающие в гибком графике или в сфере доставки, отдают предпочтение DC зарядке, тогда как те, кто ежедневно оставляет автомобиль на длительное время, охотнее пользуются AC-системами.

Так или иначе «из прогнозируемого количества по всем сценариям преобладающим типом ЭЭС будут медленные — 89% всего количества, что объясняется большим количеством электромобилей в личном пользовании физических лиц, а данный тип эксплуатации электромобиля предполагает продолжительную зарядку в местах жительства и работы» [17].

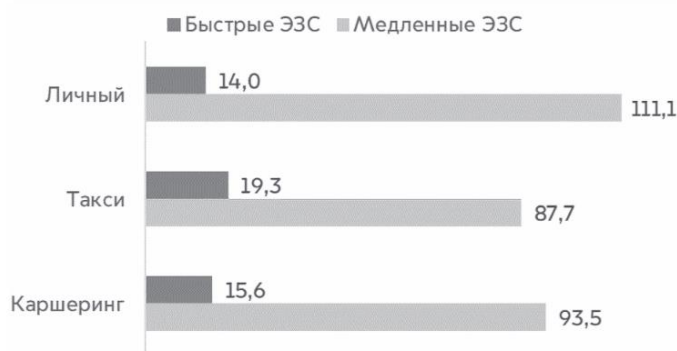


Рисунок 2. Расчетное оптимальное количество ЭЭС на 1000 электромобилей в Москве [17]

Особое внимание заслуживает инклюзивность зарядной инфраструктуры. Проблема равного доступа касается не только физических аспектов (наличие пандусов, адаптация высоты оборудования, освещенность и безопасность), но и социальной справедливости: станции должны быть размещены не только в престижных районах, но и в социально уязвимых зонах, чтобы не создавать новых форм технологического неравенства. Более того, современные концепции smart city включают зарядные узлы в единую систему городской мобильности: интеграция с общественным транспортом, сетью каршеринга, велосипедной и пешеходной инфраструктурой позволяет

создать многомодальные сценарии перемещения, уменьшая зависимость от частного владения автомобилем и стимулируя переход к экологически нейтральным видам транспорта.

В перспективе именно социально адаптированное размещение зарядных станций, с учетом разнообразия пользовательских сценариев, может стать катализатором устойчивого городского развития. Инфраструктура зарядки — это не только технологический объект, но и инструмент формирования нового повседневного поведения, в котором личный комфорт, энергоэффективность и ответственность за общее пространство становятся взаимосвязанными ценностями.

Опыт различных стран по внедрению зарядной инфраструктуры демонстрирует широкий спектр стратегий, обусловленных как технологическими, так и социально-экономическими, географическими и политическими особенностями. Несмотря на глобальную цель — обеспечить доступную, устойчивую и эффективную сеть зарядных станций — подходы к её реализации существенно различаются. Разнообразие этих моделей позволяет выявить сильные стороны каждой и сформировать представление о перспективных направлениях развития.

В Европе доминирует инфраструктура медленной и средней мощности AC зарядки, ориентированная на равномерное распределение нагрузки в городской среде. Германия, Нидерланды, Норвегия и Франция делают акцент на уличные зарядки (Level 2) и станции у офисных и жилых зданий, интегрированные с сетью муниципального транспорта. Такая модель обусловлена плотной городской застройкой, высокими стандартами энергоэффективности и поддержкой электромобилей на уровне местных органов власти. Тем не менее, вдоль трансъевропейских коридоров (TEN-T) активно развиваются сети быстрых DC станций, поддерживаемые программами Connecting Europe Facility и AFIR [6].

Соединённые Штаты Америки демонстрируют более гибридную модель, где развитие быстрой зарядки DC (особенно от Tesla и Electrify America) сочетается с программами поддержки домашней и офисной AC зарядки. В городских агломерациях, таких как Лос-Анджелес и Сан-Франциско, сформированы кластеры общественных AC зарядок, тогда как в транзитных зонах и междугородних маршрутах приоритет отдается Supercharger-сетям. Государственная стратегия включает гранты от Department of Energy, инициативу NEVI (National Electric Vehicle Infrastructure) и налоговые стимулы, направленные на развитие сети в менее насыщенных регионах, особенно в сельских и окраинных зонах [8].

В Китае наблюдается самый быстрый рост зарядной инфраструктуры в мире, при этом доминирует высокомоощная DC зарядка, обусловленная масштабами городов, плотностью трафика и политикой экспресс-электрификации. Такие мегаполисы, как Шанхай, Пекин и Шэньчжэнь, демонстрируют активное строительство мегастанций DC зарядки, каждая из которых способна одновременно обслуживать десятки автомобилей. Государство играет ключевую роль: через пятилетние планы, субсидии производителям оборудования и обязательства автопарков переходить на электромобили. В то же время, для жилых районов и парковок крупных предприятий продолжается поддержка AC зарядных устройств, в том числе через государственные льготы при установке.

Примечательным становится распространение гибридных моделей, сочетающих DC и AC зарядку в рамках единого комплекса. Один из ярких примеров — сеть Tesla Supercharger, в которой быстрая зарядка дополняется так называемыми Destination Chargers (AC зарядки в гостиницах, ресторанах, деловых центрах). Такой подход обеспечивает масштабируемость, оптимизацию энергопотребления и расширение охвата без избыточной нагрузки на сеть. Аналогичные решения применяются в Европе (Ionomy + EnBW) и Китае (State Grid + Star Charge), где интеграция разных типов

зарядки позволяет адаптировать инфраструктуру к поведенческим сценариям пользователей.

Таким образом, международный опыт показывает, что эффективная зарядная инфраструктура строится на принципах гибкости, территориальной адаптации и государственной поддержки. Комбинация AC и DC станций, синхронизация с логикой городской мобильности и стимулирование частных инвестиций становятся краеугольными элементами успешной стратегии в любой стране.

В связи с этим предлагаем рекомендации. Повышающийся интерес граждан и потенциальных пользователей к электромобилям создает потребность в комфортной и эффективной системе зарядного оборудования. Мы предлагаем создать современные зарядные станции, обеспеченные всеми необходимыми аксессуарами, а затраты на содержание которых будут максимально оптимизированы со стороны их собственников. Считаем, что для опережающего развития такого рода станций необходимо не только снизить тарифы на электроэнергию хотя бы на 30% от текущих затрат, но также предоставлять скидки или полное освобождение от аренды земельных участков, на которых расположены или проектируются такого рода станции. Таким образом это будет способствовать внедрению принципа зелёной экономики в современное развитие Городских, а в дальнейшем и сельских агломераций.

Заключение

Комплексный анализ технических, экономических, экологических и социальных аспектов зарядной инфраструктуры позволяет сделать ряд ключевых выводов о целесообразности применения тех или иных типов зарядных станций в зависимости от контекста.

1) Медленные и средне-быстрые AC станции демонстрируют наивысшую эффективность в условиях жилой, офисной и парковочной среды, где приоритетом является длительное пребывание автомобиля без

необходимости срочной зарядки. Они отличаются низким уровнем капитальных и операционных затрат, минимальной нагрузкой на электросеть и высоким потенциалом масштабирования. Напротив, быстрая DC зарядка оправдана в высоконагруженных транспортных узлах — на автомагистралях, АЗС, логистических площадках, а также в районах с высокой оборачиваемостью пользователей.

2) Несмотря на высокую стоимость, DC станции обеспечивают критическую скорость пополнения энергии, что делает их незаменимыми при активной мобильности и коммерческом использовании. Но не смотря на всё это AC зарядные станции являются более выгодными во всех аспектах, а именно:

— у медленной зарядки меньше углеродный след – потери при DC значительно выше

— медленная зарядка с точки зрения физики более экологична, быстрый заряд автомобиля приводит к более интенсивному изнашиванию аккумулятора и комплектующих

— AC станции на много просты в производстве и обслуживании чем DC что требует меньше капиталовложений в производство

— AC станции создают перенагрузки электросети, большое количество DC станций после 2030 года потребуют реновации сети

— AC станции не шумят, не нагреваются, не излучают электромагнитное поле как DC

— большая часть пользователей зарядных станций имеют личный электрокар, что обуславливает их рациональное поведение использовать именно AC станции так как это выгоднее для них

Перспективы развития зарядной инфраструктуры тесно связаны с глобальным переходом к углеродно-нейтральной экономике. Увеличение доли возобновляемых источников в генерации электроэнергии, развитие технологий smart grid и распределённого хранения энергии позволяют говорить о формировании не просто зарядной сети, а интегрированной

энерготранспортной экосистемы, в которой станции становятся элементами управления спросом, балансировки и даже обратной связи с сетью (V2G). В ближайшие десятилетия именно зарядная инфраструктура станет одним из факторов синергии между энергетикой и мобильностью, определяя устойчивость городской среды и национальной климатической политики.

В этом контексте рекомендуется сформулировать следующие ориентиры для ключевых участников процесса:

— Инвесторам — ориентироваться на смешанные модели, сочетающие AC и DC станции с учетом плотности трафика, типологии территории и поведения пользователей; активно использовать инструменты TCO-анализа и интеграцию с другими видами услуг (реклама, парковка, общественные сервисы) для повышения доходности. А также активно спонсировать разработки по производству более «зеленных» DC станций, чтобы компенсировать их недостатки.

— Органам власти — учитывать, что одним из важнейших инструментов управления устойчивым развитием региона и прогнозирования ее состояния является стратегическое планирование. В условиях развития цифровой экономики процесс стратегического планирования обеспечивает базу для управления регионом как в целом, так и его отдельными сферами, включая экологическую. [20] В этой связи обеспечить стратегическое планирование зарядной сети в рамках комплексного территориального развития, поддерживать установку станций в социальных и транспортных зонах, внедрять льготы и субсидии, а также устанавливать экологические стандарты для поставщиков оборудования.

— Операторам зарядных сетей — развивать цифровую инфраструктуру управления, применять дифференцированную тарификацию, внедрять сценарии интеллектуального распределения мощности, интегрировать станции в систему городского транспорта и формировать устойчивые

потребительские привычки через информирование и удобные пользовательские интерфейсы.

Итак, только многомерный, согласованный подход с учётом технологических возможностей, экономических реалий и социальных ожиданий позволит зарядной инфраструктуре стать не просто утилитарной функцией, а фундаментом будущей низкоуглеродной мобильности.

Список источников

1. Международное энергетическое агентство (IEA) (2023). Глобальный обзор по электромобилям 2023: соответствие климатическим амбициям. Париж: IEA Publications. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>(дата обращения: 05.04.2025).
2. Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2023). Прогноз по электромобилям на 2023 год. Нью-Йорк: Bloomberg Finance L.P. URL: https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/2431510_BNEFElectricVehicleOutlook2023_ExecSummary.pdf (дата обращения: 05.04.2025).
3. McKinsey & Company (2022). Будущее зарядной инфраструктуры: быстро, умно и масштабируемо. McKinsey Insights. URL: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения: 01.04.2025).
4. Deloitte (2023). Электромобили: курс на 2030 год. Deloitte Insights. URL: <https://www2.deloitte.com> (дата обращения: 04.04.2025).
5. Гатиятов И.З., Павлов П.П., Шамсутдинов Э.В. (2016). Внедрение автономного электрического транспорта: перспективы и проблемы. В: Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы, с. 154–158.
6. Европейская комиссия (2022). Регламент по инфраструктуре альтернативных видов топлива (AFIR). Брюссель. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj> (дата обращения: 01.04.2025).

7. Бахтеев Ш.Р., Бахтеев К.Р. (2017). Анализ состояния рынка электромобилей в России и тенденции его развития. В: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2017, с. 36–41.
8. Tesla научилась предсказывать доступность зарядных станций для клиентов к моменту прибытия. URL: <https://overclockers.ru/hardnews/show/129550/tesla-nauchilas-predskazyvat-dostupnost-zaryadnyh-stancij-dlya-klientov-k-momentu-pribytiya> (дата обращения: 03.04.2025).
9. Шацкая Е.Ю. (2022). Роль инфраструктуры как активного элемента обеспечения устойчивого развития современных экономических систем. Экономика, предпринимательство и право, т. 12, № 4, с. 1405–1416.
10. Гацун Д.А. (2023). Декарбонизация транспортной системы в Норвегии. с. 311.
11. Kong Q., et al. (2018). The role of charging infrastructure in electric vehicle implementation within smart grids. Energies, т. 11, № 12, с. 3362.
12. Sharma G., et al. (2020). Comparison of common DC and AC bus architectures for EV fast charging stations and impact on power quality. ETransportation, т. 5, статья 100066.
13. Nansai K., et al. (2001). Анализ жизненного цикла зарядной инфраструктуры для электромобилей. Прикладная энергетика, т. 70, № 3, с. 251–265.
14. IRENA (2023). Прогноз преобразования мировой энергетической системы 2023 г.: стратегия по ограничению глобального потепления 1,5 °С. Абу-Даби: IRENA. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_WETO_2023_Summary_RU.pdf (дата обращения: 10.04.2025).
15. Yu J. et al. (2018). Evaluating the effect of policies and the development of charging infrastructure on electric vehicle diffusion in China //Sustainability. – Т. 10. – №. 10. – С. 3394.

16. Солуянов Ю. И., и др. (2025). Определение расчетных электрических нагрузок зарядной инфраструктуры для электромобилей, интегрированной в электрические установки жилых и общественных зданий. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 26(6), 94–107.
17. Хайретдинова А. Р., Касаткин И. И., Колбасов А. Ф. (2025). Модель развития зарядной инфраструктуры города Москвы. Московский транспорт. Наука и проектирование, (1), 14–22.
18. Пиргулыева О., Реджепгулыев Т., Саидов Ы. (2025). Новые технологии и тенденции в области электрического транспорта. Вестник науки, 4(2 (83)), 514–519.
19. Лесниченко, В. А. Повышение комфортности проживания на основе принципов зеленого строительства / В. А. Лесниченко, Ю. А. Цыпкин, Т. В. Близиюкова // Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью : Сборник статей V Национальной научно-практической конференции, Екатеринбург, 07 апреля 2023 года / Отв. редактор Е.А. Акулова. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2023. – С. 307-313. – EDN DNUXZP.
20. Концепция устойчивого пространственного развития (основные принципы цифровой модели городских и сельских территорий) / Ю. А. Цыпкин, А. А. Фомин, Р. А. Камаев, С. В. Орлов // Столыпинский вестник. – 2021. – Т. 3, № 5. – EDN MEYCCCL.
21. Стратегическая цифровая модель устойчивого пространственного регионального развития / Ю. А. Цыпкин, Р. А. Камаев, С. В. Орлов [и др.] // Пространственное развитие территорий в условиях цифровизации: социо-эколого-экономические системы : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Грозный, 08–09 декабря 2020 года. – Грозный: Спектр, 2020. – С. 92-96. – DOI 10.34708/GSTOU.CONF.2021.48.93.014. – EDN LRNYIW.

References

1. International Energy Agency (IEA) (2023). Global EV Outlook 2023: Meeting the Climate Ambitions. Paris: IEA Publications. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
2. Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2023). Electric Vehicle Outlook 2023. New York: Bloomberg Finance L.P. Available at: https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/2431510_BNEFElectricVehicleOutlook2023_ExecSummary.pdf
3. McKinsey & Company (2022). The Future of Charging Infrastructure: Fast, Smart, and Scalable. McKinsey Insights. Available at: <https://www.mckinsey.com> (accessed: 01.04.2025).
4. Deloitte (2023). Electric Vehicles: The Road to 2030. Deloitte Insights. Available at: <https://www2.deloitte.com> (accessed: 04.04.2025).
5. Gatiyatov, I.Z., Pavlov, P.P. & Shamsutdinov, E.V. (2016). Vnedrenie avtonomnogo elektricheskogo transporta: perspektivy i problemy [Implementation of Autonomous Electric Transport: Prospects and Problems]. In: Sovremennye problemy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: intellektual'nye transportnye sistemy [Modern Problems of Life Safety: Intelligent Transport Systems], pp. 154–158.
6. European Commission (2022). Regulation on the Infrastructure for Alternative Fuels (AFIR). Brussels. Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj> (accessed: 01.04.2025).
7. Bakhtiev, Sh.R. & Bakhtiev, K.R. (2017). Analiz sostoyaniya rynka elektromobiley v Rossii i tendentsii ego razvitiya [Analysis of the Electric Vehicle Market in Russia and Trends of Its Development]. In: Pokoleniye budushchego: Vzglyad molodykh uchenykh-2017 [Generation of the Future: The View of Young Scientists-2017], pp. 36–41.
8. Tesla learns to predict the availability of charging stations for clients upon arrival. Available at: <https://overclockers.ru/hardnews/show/129550/tesla-nauchilas-predskazyvat-dostupnost-zaryadnyh-stancij-dlya-klientov-k-momentu-pribytiya>.

9. Shatskaya, E.Yu. (2022). Rol' infrastruktury kak aktivnogo elementa obespecheniya ustoychivogo razvitiya sovremennykh ekonomicheskikh sistem [The Role of Infrastructure as an Active Element of Ensuring Sustainable Development of Modern Economic Systems]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, vol. 12, no. 4, pp. 1405–1416.
10. Gatsun, D.A. (2023). Dekarbonizatsiya transportnoy sistemy v norvegii [Decarbonization of the transport system in norway]. pp. 311.
11. Kong, Q., et al. (2018). The role of charging infrastructure in electric vehicle implementation within smart grids. *Energies*, vol. 11, no. 12, pp. 3362.
12. Sharma, G., et al. (2020). Comparison of common DC and AC bus architectures for EV fast charging stations and impact on power quality. *ETransportation*, vol. 5, article 100066.
13. Nansai, K., et al. (2001). Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles. *Applied Energy*, vol. 70, no. 3, pp. 251–265.
14. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2023). World Energy Transformation Outlook 2023: Strategy for Limiting Global Warming to 1.5°C. Abu Dhabi: IRENA. Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_WETO_2023_Summary_RU.pdf
15. Zhou, Y.J., et al. (2018). Evaluating the effect of policies and the development of charging infrastructure on electric vehicle diffusion in China. *Sustainability*, vol. 10, no. 10, article 3394.
16. Soluyanov, Yu.I., et al. (2025). Opredelenie raschetnykh elektricheskikh nagruzok zaryadnoy infrastruktury dlya elektromobiley, integrirovannoy v elektricheskie ustanovki zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Determination of Design Electrical Loads of Charging Infrastructure for Electric Vehicles Integrated into Electrical Installations of Residential and Public Buildings]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki*, vol. 26, no. 6, pp. 94–107.

17. Khayretdinova, A.R., Kasatkin, I.I., Kolbasov, A.F. (2025). Model' razvitiya zaryadnoy infrastruktury goroda Moskvy [Model for the Development of Charging Infrastructure in the City of Moscow]. *Moskovskiy transport. Nauka i proektirovanie*, no. 1, pp. 14–22.

18. Pirygulyeyeva, O., Redzhepguliyev, T., Saidov, Y. (2025). Novye tekhnologii i tendentsii v oblasti elektricheskogo transporta [New Technologies and Trends in the Field of Electric Transport]. *Vestnik nauki*, vol. 4, no. 2 (83), pp. 514–519.

19. Lesnichenko, V. A. Povysenie komfortnosti prozhivaniya na osnove printsiptov zelenogo stroitel'stva / V. A. Lesnichenko, Yu. A. Tsypkin, T. V. Bliznyukova // Aktual'nye voprosy zemlepol'zovaniya i upravleniya nedvizhimost'yu : Sbornik statey V Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ekaterinburg, 07 aprelya 2023 goda / Otv. redaktor E. A. Akulova. – Ekaterinburg: Uralskiy gosudarstvennyy gornyy universitet, 2023. – S. 307–313. – EDN DNUXZP.

20. Kontseptsiya ustoychivogo prostranstvennogo razvitiya (osnovnye printsipty tsifrovoy modeli gorodskikh i sel'skikh territoriy) / Yu. A. Tsypkin, A. A. Fomin, R. A. Kamaev, S. V. Orlov // Stolypinskiy vestnik. – 2021. – T. 3, № 5. – EDN MEYCCL.

21. Strategicheskaya tsifrovaya model' ustoychivogo prostranstvennogo regional'nogo razvitiya / Yu. A. Tsypkin, R. A. Kamaev, S. V. Orlov [i dr.] // Prostranstvennoe razvitie territoriy v usloviyakh tsifrovizatsii: sotsio-ekologo-ekonomicheskie sistemy : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Groznyy, 08–09 dekabrya 2020 goda. – Groznyy: Spektr, 2020. – S. 92–96. – DOI 10.34708/GSTOU.CONF.2021.48.93.014. – EDN LRNYIW.

© Булгаков Д.А., Тугашев Д.В., Евдокимов В.А., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 6.