

Проблемы эксплуатации электротранспорта

А.Р. Кульчицкий

Камешковский механический завод, Камешково, Россия

АННОТАЦИЯ

Рост производства транспортных средств с приводом от электромотора обусловлен стремлением уменьшить загрязнение атмосферы в местах их эксплуатации. Цель настоящего обзора — анализ проблем распространения электромобилей, обусловленных обеспеченностью зарядной инфраструктурой и функциональными характеристиками самих электромобилей. Рассмотрены проблемы эксплуатации электромобилей, связанные с наличием и конструкцией электроразрядных станций и типом тяговых батарей. Кроме того, приведены данные, полученные на основании сбора и анализа характеристик станций в одном из областных центров России и в радиусе 100 км от этого центра. Распространение электротранспорта требует, во-первых, достаточности заправочной инфраструктуры и её соответствия конструкции зарядных портов у электромобилей. Во-вторых, сокращения времени зарядки тяговых батарей, которое пока существенно больше времени заправки автомобилей традиционным топливом. И в-третьих, — обеспечения возможности не только городских и пригородных, но и дальних поездок на одной зарядке тяговых батарей. На электромобилях наиболее распространено применение литий-ионных тяговых батарей благодаря обеспечению ими высокой энергоёмкости. Но их недостаток в том, что они эффективны до температуры окружающей среды «минус» 7 °С, не ниже, что предопределяет в зимнее время пробег на одной зарядке на 20–30% меньше, чем в тёплое время г., как за счёт снижения ёмкости батарей, так и вследствие использования электроэнергии для обеспечения подогрева салона. Для анализа распространённости станций, наряду с критериями «количество электромобилей на одну станцию» и «расстояние между соседними станциями» важным является критерий «количество зарядных станций на единицу площади региона». Ценность настоящего обзора заключается в оценке проблем эксплуатации электромобилей, в том числе с приведением конкретных данных по одному из регионов России.

Ключевые слова: электромобиль; гибрид; тяговая аккумуляторная батарея; зарядный порт.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Кульчицкий А.Р. Проблемы эксплуатации электротранспорта // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 4. С. **х-у**. DOI: 0.17816/0321-4443-637497 EDN: WCJFJX

Review

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-637497> EDN: WCJFJX

Problems of Electric Transport Operation

Alexey R. Kulchitskiy

Kameshkovo Mechanical Plant, Kameshkovo, Russia

ABSTRACT

The growth of production of electric motor-driven vehicles is due to the aim to reduce air pollution in the areas of their operation. The aim of the review is to analyze the issues of the electric vehicles distribution due to the provision of charging infrastructure and the functional characteristics of the electric vehicles themselves.

The issues of electric vehicle operation associated with the availability and design of electric charging stations and the type of traction batteries are considered. In addition, the data based on collecting and analyzing the characteristics of the stations in one of the regional centers of Russia and within a radius of 100 km from this center are given. The distribution of electric transport requires, firstly, the sufficient level of the charging infrastructure and its compliance with the design of the charging ports of electric vehicles. Secondly, reducing the charging time of traction batteries, which is still significantly longer than the time of refueling cars with traditional fuel. And thirdly, ensuring the possibility of not only urban and suburban, but also long-distance trips on one charge of traction batteries. Lithium-ion traction batteries are most commonly used in electric vehicles due to their high energy density. However, their disadvantage is that they are effective at an ambient temperature down to -7°C , which predetermines the mileage on one charge in winter by 20-30% less than in the warm season, due to both a decrease in battery capacity and the use of electricity to provide heating of the electric vehicle interior and power supply of various consumers. To analyze the spreading of stations, along with the criteria of "number of electric vehicles per stations" and "distance between neighboring stations", the criterion of "number of charging stations per area unit of the region" is important. The value of this review lies in the assessment of the problems of operating electric vehicles, including providing specific data for one of the regions of Russia.

Keywords: electric vehicle; hybrid; traction battery; charging port.

TO CITE THIS ARTICLE:

Kulchitskiy AR. Problems of Electric Transport Operation. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(4):x-y. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-637497> EDN: WCJFJX

Submitted: 25.10.2024

Accepted: 12.10.2025 2025

Published online: 12.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

Современная тенденция в области развития транспорта — это рост производства транспортных средств с приводом от электромотора. К ним относятся: 1) электромобили (EV — electric vehicle, BEV — battery electric vehicle, NEV — new energy vehicle), движение которых обеспечивается тяговыми аккумуляторными батареями (ТАБ); 2) «гибриды» — транспорт, оснащённый как тепловым двигателем, так и электромотором, и небольшой батареей (HEV — hibred electric vehicle — с небольшой батареей, PHEV — plug-in hybrids electric vehicle, с батареями имеющие возможность подключаться к внешнему источнику электроэнергии). «Гибриды» представляет собой промежуточную ступень между автомобилями и электромобилями. При этом схема взаимодействия между электро- и тепловым двигателем может быть различная: как с возможностью совместной работы, так и по отдельности. В СССР на «Белорусском автомобильном заводе» с 1968 г. выпускался 75-тонный карьерный самосвал БЕЛАЗ-549, оснащённый гибридной силовой установкой: дизельный двигатель приводил в действие электрогенератор, от которого электроэнергия подавалась на электромоторы, установленные в каждом колесе.

К достоинствам электромобилей (а также «гибридов» при работе в режиме только от электромотора) следует отнести следующие:

- работа на электричестве, а не на невозобновляемом традиционном топливе (бензин, дизельное топливо, природный и нефтяной газы);
- экологичность (нет продуктов сгорания традиционного топлива, т.е. нет выброса в атмосферу вредных веществ в местах эксплуатации транспорта);
- экономия на эксплуатации (за счёт низких затрат на электроэнергию и техническое обслуживание);
- меньший уровень шума, характерного для работы тепловых двигателей;
- высокая динамика за счёт практически мгновенного достижения необходимого по условиям движения крутящего момента.

В 2023 г. в мире было продано около 14 млн электромобилей, что составило почти 18% от совокупной продажи автомобилей и электромобилей (в 2020 г. это было 4%). В результате, парк электромобилей достиг 40 млн единиц (из них только в Китае — 22,0 млн ед.). Из этого количества 69% электромобилей оснащены только ТАБ, остальные — «гибриды»; транспортные средства на топливных элементах (FCEV — fuel cell electric vehicle) в это число не включаются. Лидерами продаж электромобилей являются три региона: Китай (60%), Западная Европа (25%; в основном — Германия, Норвегия, Нидерланды, Исландия, Дания) и США (10%); на остальной мир приходится 5% [1, 2]. При этом 66% выпущенных моделей с ТАБ — это внедорожники, пикапы и большие автомобили; модели малого и среднего размера в США составили 25% продаж, в Европе — 40%, в Китае — 50%. Достаточно высокий интерес на внедорожники обусловлен чисто субъективными причинами: потребитель желает более комфортно чувствовать себя при дальних поездках. Существующие в настоящее время проблемы с наличием заправочной инфраструктуры для электромобилей, а также увеличением времени и мощности зарядки привёл к увеличению размеров ТАБ, а соответственно к увеличению габаритов и веса указанных транспортных средств, а также к увеличению пикового энергопотребления в условиях интенсивных транспортных потоков [3, 4].

Насыщенность электромобилями в странах различна: в Норвегии один электромобиль приходится на 7 человек, в Нидерландах — на 33, в Германии — на 44, в Китае — на 100, в США — на 114, в Японии — на 306 [1]. Но развитие электротранспорта подразумевает увеличение нагрузки на электрогенерирующие станции. Например, в ЮАР введены ограничительные меры по импорту электромобилей с целью недопущения резкого роста их парка [5, 6].

В 2021 г. (за этот год в средствах массовой информации приведены наиболее подробные сведения) потребление электроэнергии в мире всеми видами электротранспорта — электромобилями, электропоездами, трамваями, троллейбусами, электропоездами и метropоездами — небольшое, в основном, в пределах 2% от суммарной выработки электроэнергии. Наибольшее относительное потребление отмечается в странах бывшего СССР, что обусловлено широким распространением электрического железнодорожного транспорта (табл.1) [7, 8].

Таблица 1. Выработка и потребление электроэнергии в регионах мира за 2021 г.**Table 1.** Production and consumption of electricity in the world regions in year 2021

Регион	Выработка электро- энергии, ТВ·ч	Годовое потребление электроэнергии		
		Общее, ТВт·ч	Электротранспорт	
			ТВт·ч	% от выра- ботки
Всего в мире:	28 323,0	23 734,0	455,0 (30,0)*	1,6 (1,0)*
в т.ч. Северная Америка	5397,3	4657,9	22	0,4
Центральная и Южная Америка	1330,3	1090,9	5	0,4
Западная и Центральная Европа	3850,3	3279,8	74	1,9
Ближний Восток	1294,4	1035,1	1	0,1
Африка	884,2	681,3	5	0,6
Азия и Океания	13 895,5	11 779,3	253	1,8
страны бывшего СССР	1670,9	1209,8	95	5,7
в т.ч. Россия	1114,5	1090,4	н.д.	н.д.

Примечание:* В скобках приведены данные по потреблению электроэнергии за 2022 г. только электромобилями (для сравнения: столько вырабатывается электроэнергии за один год в Ирландии) [5].

Ключевыми факторами, без реализации которых невозможно распространение электротранспорта, являются: во-первых, достаточность заправочной инфраструктуры, что, в перспективе, должно обеспечить соотношение числа электромобилей и электрозарядных станций (ЭЗС) не более 10:1. В России на конец 2023 г. на 263 085 единиц электромобилей приходилось 1664 ЭЗС, т.е. соотношение составляло 158:1 [9, 10].

Во-вторых, запас хода на одной зарядке ТАБ; в среднем, эта величина составляет 350...450 км [6] (для сравнения, в начале XX века эта величина была около 80 км [11]).

В 2021 г. Правительство РФ утвердило концепцию по развитию производства и использования электрического автотранспорта. Согласно этой концепции, в стране до 2024 г. должны были выпустить не менее 25 тыс. шт электротранспортных средств и открыть не менее 9,4 тыс. шт зарядных станций (в т.ч., не менее 2,9 тыс. шт «быстрых» станций). Запланировано также, в частности, что к 2030 г. выпуск электромобилей должен составить около 250 тыс. шт (т.е. почти 10% от общего объёма производства транспортных средств в стране), должно быть организовано производство ячеек для тяговых аккумуляторных батарей, введены в эксплуатацию не менее 72 тыс. шт электрозарядных станций (из них 28 тыс. шт. «быстрых») и не менее 1000 водородных заправок (последние — для заправки топливных элементов). При этом было отмечено, что если электромобиль «будет проезжать не менее 45 тыс. км ежегодно в течение не менее 5 лет», то использование электромобиля «как минимум, в качестве такси и для краткосрочной аренды автотранспортного средства (каршеринг) в условиях города» будет экономически более выгодным по сравнению с автомобилем [12].

Вопрос оценки затрат на содержание электромобилей за потребляемую электроэнергию и обслуживание в данном материале не рассматривался, поскольку эти затраты зависят от субъективных факторов. В частности, на это влияют скачки цен на электроэнергию (что более характерно для Европы), введение налогообложения (в Великобритании, Швейцарии, Австралии, чего первоначально не было), наличие субсидирования производства и покупки электромобилей (Китай с начала 2023 г. прекратил такое субсидирование), колебание цены на сырьё (особенно на никель и литий), колебание таможенных ставок, цены на услуги по зарядке электромобилей (начиная от бесплатной зарядки) и прочее [5].

РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ ЭЛЕКТРОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

В среднем, расход энергии для электромобилей составляет около 125 кВт·ч на т·км, поэтому, например, электромобилю весом 2,5 т необходимо около 30 кВт·ч на преодоление расстояния в 100 км [13]. Соответственно и расстояние между ЭЗС должно соответствовать такому расходу энергии. Поэтому при анализе распространённости зарядных станций, наряду с критерием «количество электромобилей на одну ЭЗС», используют критерий «расстояние между соседними станциями». Но если станции располагаются вдоль магистрали, то это предопределяет возможность пользования электромобилями только жителями крупных населённых пунктов [14]. В связи с этим, представляется, что более информативным будет критерий «количе-

ство зарядных станций на единицу площади региона» — это особенно важно для стран с большой территорией и, соответственно, большими пробегами транспортных средств в самых разных направлениях, а не только по основным магистралям (табл. 2).

Таблица 2. Распространение зарядных станций (2023 г.)

Table 2. Spreading of charging stations (year 2023)

Страна	Парк электро-мобилей, шт.	Количество станций электророзрядки, шт.		Количество электромобилей, приходящихся на одну ЭЗС, шт.	Площадь страны, тыс. кв. км	Территория, приходящаяся на одну ЭЗС, кв. км
		всего	«быстрые»			
Китай	2 200 000	2 700 000	1 200 000	8,1	9599,0	3,6
США*	2 960 000	66 816 (186 154)	16 734 (46 688)	44,3	9833,5	147,2
Турция	82 000	12 067	3575	6,8	783,6	64,9
Индия	159 000	10 900	4100	14,6	3287,3	301,6
Россия	263 000	4500	779	158,4	17 098,2	3799,6
Бразилия	91 000	3800	0	23,9	8515,8	2241,0
Беларусь	7700	1200	698	6,4	207,6	173,0
ОАЭ	26 000	1000	104	26,0	83,6	83,6
ЮАР	3800	300	160	12,7	1219,1	4063,7
Узбекистан	10 700	200	150	53,5	448,9	2244,5
Казахстан	8000	180	10	44,4	2724,9	15 138,3
Армения	13 000	140	4	92,9	29,7	212,1
Молдавия	3000	120	48	25,0	33,8	281,7
Саудовская Аравия	2400	104	20	23,1	2149,7	20 670,2
Азербайджан	4000	87	17	46,0	86,6	995,4
Таджикистан	1700	76	76	22,4	143,1	1882,9
Кыргызстан	8600	70	7	122,9	200,0	2857,1

*Примечание:** По США приведены данные как по общему количеству электророзрядных станций, так и (в скобках) количеству зарядных портов; «быстрые» зарядные станции — обеспечивающие полную зарядку батарей в течение 15-30 мин, не более.

РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ЗАРЯДКИ БАТАРЕЙ

Однако приведенные данные по количеству и плотности расположения ЭЗС не отражают реальной картины возможности зарядки электромобилей. Во-первых, станция может быть оборудована одним зарядным портом, а может несколькими, т.е. количество одновременно находящихся на зарядке машин будет разным, соответственно и время ожидания в очереди на зарядку также разное. А во-вторых, должна быть совместимость разъёмов (портов) источника электроэнергии и электромобиля.

Находящиеся в эксплуатации ЭЗС оснащены несколькими типами зарядных портов, обеспечивающими зарядку как переменным (AC) током, так и постоянным (DC), при этом напряжение и сила тока могут быть различными, в связи с чем все ЭЗС делят на «медленные» и «быстрые» по времени, необходимому для полной зарядки ТАБ: первые обеспечивают передачу энергии до 44,0 кВт·ч (это позволяет после зарядки батареи в течение одного часа проехать дистанцию до 90 км), вторые — до 450 кВт·ч [12].

Что касается зарядных портов, то они отличаются своей конструкцией, чтобы обеспечивать зарядку электромобилей с различными зарядными разъёмами. Кроме того, зарядные порты одной конструкции могут иметь различную скорость передачи электроэнергии, что обусловит различное время полной зарядки ТАБ. Есть три основных режима зарядки: Mode 2 — это полуавтоматический режим зарядки переменным током напряжением 220 В (мощность зарядки не более 7,4 кВт, время зарядки может занять до 10...15 ч); Mode 3 — это также «медленный» тип зарядки переменным током напряжением 380 В (мощность зарядки — 11...22 кВт); Mode 4 — это «быстрый» режим зарядки постоянным током напряжением до 1000 В (мощность зарядки — до 500 кВт) [15, 16, 17]. Однако если электромобиль способен, например, воспринимать мощность зарядки не более 70 кВт, то время зарядки не уменьшится, если заряжаться на ЭЗС мощностью 100...400 кВт; или если у электромобиля ограничение по силе зарядного тока, например, 40 А, то использование зарядной станции с зарядным током 70 А также не сократит время зарядки.

В качестве достоинства электромобилей считается возможность зарядки от домашней розетки: в США 83%, в Норвегии 82%, в Канаде 80%, а в Мексике 71% владельцев электромобилей пользуются таким типом зарядки [5]. Однако это реально только для владельцев частных домов. Для жильцов многоквартирных домов такой тип зарядки проблематичен, тем более что продолжительность полной зарядки в этом случае составит не менее 10 ч, а с ростом числа электромобилей сеть может не выдержать и будет периодически выключаться от перегрузки. Кроме того, такая зарядка возможна только при напряжении в сети не менее 220 В, в противном случае необходима установка специального зарядного устройства.

На электромобилях наиболее распространено применение литий-ионных (Li-ion) ТАБ благодаря обеспечению ими высокой энергоёмкости. Станции «медленного» типа зарядки обеспечивают их заряд не менее, чем за 5 ч, «быстрой» зарядки — за 15–30 мин. Но «быстрый» тип зарядки приводит к высокому нагреву тяговых батарей, оказывая повышенную нагрузку на ТАБ и сокращая их ресурс. Подзарядка этих батарей может осуществляться в любой свободный интервал времени (у них нет «эффекта памяти»): одного часа хватит чтобы подзарядить литиевую батарею на 80%. Таким образом можно использовать батареи меньшей ёмкости, выдерживающие 4...5 ч работы с подзарядкой в середине смены. Решением проблемы длительности зарядки может являться наличие запасных ТАБ: разряженная батарея заменяется на заряженную — при наличии опции «боковой выгрузки батарей» оператор за 5...10 мин может снять разряженные батареи и поставить заряженные, т.е. при двух комплектах батарей обеспечивается непрерывная работа машины в несколько смен. Однако подобная операция вряд ли выполнима в домашних условиях из-за большого веса ТАБ, который зависит от типа батареи, (т.е. плотности упаковки элементов). Есть три типа ТАБ: пакетные (наиболее компактные), цилиндрические (наиболее прочные и эффективные по охлаждению) и призматические (наиболее сложные по конструкции и дорогие в производстве). При этом от типа ТАБ зависит и сложность системы их охлаждения, вес которой неразрывно связан с весом самой ТАБ, т.е. вес всего аккумулятора представляет сумму весов батарей и системы их охлаждения. Наиболее распространенные аккумуляторы весят 250–300 кг; для автомобиля весом 2,2 т аккумулятор может иметь вес 430–600 кг, который обеспечивает пробег около 600 км. А чтобы обеспечить пробег как у автомобилей с тепловыми двигателями батарея будет весить около 1250 кг [18, 19, 20, 21, 22]. В связи с этим в ряде стран развивается сеть станций по замене аккумуляторных батарей. Например, в Руанде (Африка) ежемесячно совершается 140 тысяч замен батарей для 1 700 клиентов [23].

Но существуют станции быстрой зарядки, которые производят зарядку ТАБ ёмкостью 420–230 кВт·ч (применяемых на строительно-дорожной технике массой 19...25 т) от сети напряжением 220 или 380 В в течение одного часа, что обеспечивает работу спецтехники в течение 5...8 ч [24].

ОСОБЕННОСТИ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Недостатком Li-ion ТАБ является то, что они эффективны до температуры окружающей среды «минус» 7°C, не ниже, что предопределяет в зимнее время пробег на одной зарядке на 20...30% меньше, чем летом, как за счёт снижения ёмкости батарей, так и вследствие использования электроэнергии для обеспечения подогрева салона автомобиля. Также, при сроке службы более 5 лет ёмкость Li-ion батарей падает приблизительно на 30% [19].

В связи с эксплуатационными недостатками Li-ion ТАБ, кроме них применяются литий-железо-фосфатные (LFP) батареи. Основными преимуществами этих батарей является возможность функционирования в более широком диапазоне температуры окружающей среды (от –30 до +50 °C); возможность зарядки высокими токами; меньшая подверженность эффекту старения (естественное снижение ёмкости у LFP ячеек составляет всего 1,5% в год, в то время как у Li-ion элементов старение наблюдается до 10% в год); они практически не выделяют токсинов, что облегчает их утилизацию (поскольку в их составе нет вредного кобальта). Недостатком LFP ТАБ в отношении Li-ion является более низкая (на ~14%) энергоёмкость [25].

Основное применение LFP ТАБ — это спецтехника: коммунальная и строительно-дорожная, т.е. техника, для которой массогабаритные показатели не так важны, как для электромобилей. Особенности работы спецтехники является, во-первых, необходимость обеспечения работоспособности в течение рабочей смены (8 ч), что формирует повышенные требования к ёмкости ТАБ. Во-вторых, наличие в составе спецтехники навесных и прицепных рабочих органов (кош, отвал, паллетные вилы, захват, культиватор, снегоочиститель, траншеекопатель,

щётка дорожная, бетономеситель, разбрасыватель материалов, экскаваторная навеска и т.п.) и механических узлов, обеспечивающих привод их в действие. Наличие различных рабочих органов влияет на режимы работы машин, а это формирует требования к мощности двигателя. В-третьих, спецтехника должна работать в разных климатических условиях: от +40...+50 °С до -40...+50 °С (не считая экстремальных условий). Все эти особенности эксплуатации спецтехники формируют требования к электроприводу, в том числе — к эффективности системы охлаждения ТАБ в условиях жаркого климата и поддержанию ёмкости ТАБ при отрицательных температурах окружающей среды. Кроме того, должна обеспечиваться доступность средств зарядки ТАБ, поскольку спецтехника не может по окончании смены (на полностью разряженной ТАБ) совершать пробег до зарядной станции или ставиться на несколько ч на зарядку [26–30].

Основным производителем Li-ion батарей в мире является KHP (2/3 всего производства). Россия обладает большими запасами литиевой руды, достигающими 10% мировых, что позволило бы обеспечить планируемый выпуск 220 тыс. электромобилей в стране к 2030 г. Но в настоящее время в стране все литиевые батареи представляют собой импортный товар, поскольку в 1997 г. В Красноярском крае был закрыт единственный в стране литиевый рудник [31].

Кроме литиевых батарей по-прежнему используются и свинцово-кислотные ТАБ. Так, автопогрузчики грузоподъёмностью 1...8 т комплектуются батареями такого типа ёмкостью от 200 до 945 А·ч, они оснащены системой подзарядки при торможении и езде накатом, что на 15% увеличивает время работы на одной зарядке. На полную зарядку требуется 6...12 ч. Средний ресурс свинцово-кислотных аккумуляторов: 1200–1500 циклов заряда/разряда (литиевых батарей — 3000...4000 циклов) [26].

В 2024 году продажи электромобилей в глобальном масштабе составили 17,1 млн штук, что является рекордным результатом. Это на четверть больше по сравнению с 2023-м. Китайские власти активно поддерживают индустрию электромобилей: предусмотрены субсидии на покупку подобных машин, налоговые льготы для производителей и инвестиции в инфраструктуру зарядки. Наибольшей популярностью в КНР пользуются гибридные модели, спрос на которые поднялся по сравнению с 2023-м на 81%. В целом, на Китай пришлось 64% всех продаж электромобилей. В самом Китае продажи выросли на 40%, составив 11 миллионов электромобилей, т.е. более половины мировых продаж.

В США и Канаде зафиксирован рост на 9% год к году с итоговым результатом 1,8 млн проданных электромобилей и гибридов. Во всех остальных регионах мира, вместе взятых в 2024 году было реализовано 1,3 млн машин указанных типов — это плюс 27% по сравнению с 2023-м [32].

ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Чтобы оценить реальную ситуацию с наличием заправочных станций, была собрана информация (по состоянию на осень 2024 г.) о наличии и характеристиках ЭЗС в одном из областных центров России (население — 350 тыс. человек), а также в радиусе 100 м от этого населённого пункта (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика электрозаправочных станций в регионе

Table 3. Statistic data of the electric charging stations in the region

Параметр	Населенный пункт	В радиусе 100 км (31 400 кв. км)
- количество электрозарядных станций (ЭЗС)	23	26
- из них с количеством зарядных портов:		
- одним	4	16
- двумя	7	3
- тремя	9	5
- четырьмя	3	1
- всего зарядных портов (разъёмов)	57	41
- из них с зарядным током:		
- переменным	15	24
-из них розеток	4	14
- постоянным	42	17
- количество ЭЗС, шт., с указанием типов зарядных		

Параметр	Населенный пункт	В радиусе 100 км (31 400 кв. км)
портов и их установленной мощности:		
- Розетки	4 (3 кВт)	14 (2...3 кВт)
- Type 1	1 (22 кВт)	1 (4 кВт)
- Type1/Type 2 (Multi)	2 (22 кВт)	-
- Type 2	8 (22 кВт)	8 (7 / 22 кВт)
- GB/T	11 (120 / 150 кВт)	4 (75 / 150 кВт)
- CCS Combo 2	15 (60...150 кВт)	7 (60 / 75 / 150 кВт)
- CHAdeMO	16 (50...150 кВт)	6 (50...90 кВт)
- стоимость зарядки, руб./кВт·ч		
- переменным током (кроме розеток)	11,9...18,0	10,0...16,0
- бесплатно (шт.)	-	2
- переменным током от розеток:	3,0	8,0...13,9
- бесплатно (шт.);	1	12
- постоянным током	17,9...21,0	18,9...21,0
- зафиксированное время пользования ЭЗС:		
- переменным током (min...max)	7 мин...15,0 ч	2,0 мин...3,0 ч
- постоянным током (min...max)	2 мин...1 ч 45 мин.	2,0 мин...1 ч 39 мин
- плотность расположения ЭЗС, кв. км/ЭЗС		640 / 1205

Примечание: данные по фиксации времени пользования имеются не для всех ЭЗС и не по всем портам.

Анализ данных по ЭЗС, расположенных на территории одного из регионов России (по состоянию на октябрь 2024 г.) показал следующее:

1. в населённом пункте (областной центр с населением 350 тыс. человек) установлено 23 электростанций с общим количеством зарядных портов (разъёмов) — 57; доля разъёмов с постоянным зарядным током — 73,7% (3 типа с установленной мощностью 50...150 кВт); доля разъёмов с переменным зарядным током — 26,3% (4 типа с установленной мощностью 3...22 кВт);
2. в радиусе 100 км от областного центра находятся 26 ЭЗС с 41 зарядным портом (разъёмом); доля портов с постоянным зарядным током — 41,5% (3 типа с установленной мощностью 50...150 кВт); доля портов с переменным зарядным током — 58,5% (3 типа с установленной мощностью 2...22 кВт);
3. плотность расположения ЭЗС на площади 31 400 кв. км:
 - одна зарядная станция на 640 кв. км (количество ЭЗС общее — 49);
 - одна зарядная станция на 1205 кв. км (количество ЭЗС без областного центра — 26);
4. оценить, сколько электромобилей приходится на одну станцию не представляется возможным, поскольку пользователями ЭЗС являются электромобили, не только поставленные на учёт в данном регионе, но и транзитные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующего положения дел в России с эксплуатацией электротранспорта высветил наличие существенных проблем. Во-первых, недостаточная развитость заправочной инфраструктуры. Для России, обладающей самой большой территорией страны в мире, при этом важен учет не только «расстояния» между электрозаправочными станциями, но и «плотность расположения на единицу площади». А для условий эксплуатации специальной и сельскохозяйственной техники этот фактор будет являться ключевым. Во-вторых, гораздо большее время, требуемое для полной зарядки тяговых аккумуляторных батарей по сравнению с заправкой топливных баков традиционным топливом. При этом для сельскохозяйственной техники, в отличие от обычного транспорта, невозможно использовать частичную заправку, поскольку придётся чаще ездить к точке заправки, т.е. дополнительно тратить время на поездки «туда-обратно». В-третьих, широкое использование литий-ионных тяговых аккумуляторных батарей, обусловленное их высокой энергоёмкостью, ограничено температурой окружающей среды «минус» 7 °С, ниже которой их эффективность резко снижается, а использование электроподогрева ускоряет их разряд. Такое положение дел для России крайне нежелательно, поскольку 2/3 территории страны находится в климатической зоне с преобладающими в течение года отрицательными температурами. Переход же на литий-железо-фосфатные тяговые батареи, отличающихся более низкой энергоёмкостью, приведет к увеличению веса и габаритов

как самих батарей, так и машины в целом, т.е. к снижению эффективности использования машин. В-четвёртых, в России нет своего производства лития, а это означает предопределенность зависимости от иностранного импорта как в физическом выражении, так и финансовом.

Анализ данных по электрозарядным станциям, расположенных на территории одного из регионов России (по состоянию на октябрь 2024 г.), показал следующее:

- «медленных» станций: 26,3% 4-х типов в областном центре, 58,5% 3-х типов в радиусе 100 км;
- «быстрых» станций: 73,7% 3-типов в областном центре, 41,5% 3-х типов в радиусе 100 км;
- плотность расположения станций: одна на 640 кв. км на общей территории областного центра и в радиусе 100 км, одна на 1 205 кв. км на территории без учёта областного центра (только в радиусе 100 км).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три г., связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы автор не использовал ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The author has no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Top 10 countries by the presence of electric vehicles. Accessed: 27.09.2024. Available from: <https://dzen.ru/a/ZHEECfWKyhbjqCy?ysclid=m1kjb1tsh7996350137> (in Russ.)
2. Electric vehicles (global market). Accessed: 21.10.2024. Available from: [https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Electric_vehicles_\(global_market\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Electric_vehicles_(global_market)) (in Russ.)
3. Trends in the global vehicle fleet 2023. Managing the SUV shift and the EV transition. Global Fuel Economy Initiative, 60 Trafalgar Square, London, WC2N 5DS, UK. November, 2023. London; 2023. doi: 10.7922/G2HM56SV

4. Hybrids: what are they and how do their power units work. Accessed: 11.10.2024. Available from : https://auto.ru/mag/article/gibrid-cto-eto-za-avtomobili-kakimi-oni-byvayut-i-kak-rabotaet-gibridnyy-dvigatel/?utm_referrer=https%3A%2F%2Ffyandex.ru%2F (in Russ.)
5. Trends in electric cars. Accessed: 24.09.2024. Available from: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars>
6. Electric transport distribution rating. Moscow: OOO "Capte Taxes and Consulting"; 2024. (in Russ.)
7. Report on the functioning of the Unified Energy System of Russia in 2021. Accessed: 09.10.2024. Available from: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf (in Russ.)
8. World energy. Electric energy balances. Accessed: 09.10.2024. Available from: <https://www.eese-aec.org/balans-elektricheskoy-energii> (in Russ.)
9. The number of electric vehicle charging stations in Russia has doubled in a year. Accessed: 17.10.2024. Available from: <https://tass.ru/ekonomika/17565077> (in Russ.)
10. Precise figures: how many electric vehicles were registered in Russia at the beginning of 2024. Accessed: 09/27/2024. Available from: <https://dzen.ru/a/Zdj3mD5aZjYakj6F?ysclid=m1khillfj6318402834> (in Russ.)
11. Shchetina VA, Morgovsky YuYa, Tsenter BI, Bogomazov VA. *Electric vehicle: Technology and economics*. Leningrad: Mashinostroenie; 1987. (in Russ.)
12. Government Order of August 23, 2021 No. 2290-r, Moscow; 2021. (in Russ.)
13. Electric vehicles and charging infrastructure: new thinking? Accessed: 21.10.2024. Available from: <https://prosto.energy/blogs/news/zaryadki-pribilnost> (in Russ.)
14. The 2024 EV Charging Station Report: State-by-State Breakdown. Accessed: 01.10.2024. Available from: <https://zutobi.com/us/driver-guides/the-us-electric-vehicle-charging-point-report>
15. Types of Electric Vehicle Connectors and Charging Stations. Accessed: 02.10.2024. Available from: <https://prosto.energy/blogs/news/typy-razyemov-elektromobiley-i-zaryadnyh-stanciy> (in Russ.)
16. Where and How to Charge Electric Vehicles. Accessed: 07.10.2024.]. Available from: <https://auto.ru/mag/article/gde-i-kak-zaryazhatelektromobil/?utmreferrer=> (in Russ.)
17. [Accessed: 22.10.2024.]. Access via link: Electric vehicles and charging infrastructure: PwC
18. How to charge lithium-ion batteries in electric vehicles? Accessed: 04.10.2024. Available from: <https://avto-flot.ru/blog/kak-zaryajat-litij-ionnyie-akkumulyatoryi-na-elektromobilyah.html> (in Russ.)
19. How much does it cost to charge an electric vehicle at stations in Moscow and across Russia. Accessed: 02.10.2024. Available from: https://electro.cars/tpost/hz_28153111-skolko-stoit-zaryadka-elektromobilya-na?ysclid=m1rssqmp5o416294938 (in Russ.)
20. Weight of an electric vehicle battery. Accessed: 04.10.2024. Available from: <https://electromobil.space/el-ektronovosti/ves-akkumulyatora-elektromobilya/> (in Russ.)
21. How heavy is an electric vehicle battery? Accessed: 04.10.2024. Available from: <https://en.avto-tachki.com/naskol-ko-tyazhelyy-akkumulyator-elektromobilya/> (in Russ.)
22. We studied all Tesla electric vehicles. Accessed: 04.10.2024. Available from: <https://avto-flot.ru/blog/tesla.html>
23. Global EV Outlook_2024. Accessed: 22.10.2024. Available from: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
24. New series of electric forklifts, bulldozers, excavators – 2023. Accessed: 14.10.2024. Available from: <https://shantui-sit.ru/info/news/novaya-seriya-elektricheskikh-pogruzchikov-buldozerov-eksavatorov-2023/?ysclid=m249ti4dv> (in Russ.)
25. LiFePO4 batteries - operating features. Accessed: 16.10.2024. Available from: <https://virtustec.ru/news/lifepo4/lifepo4-akkumulyatory-plyusy-i-minusy-nyuansy-ekspluatatsii/?ysclid=m2ber626n9901177257> (in Russ.)
26. Konev VV, Karnaukhov NN, Merdanov ShM, Polovnikov EV. Electric drive of road construction machines. *Architecture, construction, transport*. 2022;3:65–73. (in Russ.) doi: 10.31660/2782-232X-2022-3-65-73 EDN: MMGYQB
27. Three-support electric forklift. Accessed: 14.10.2024. Available from: <https://taned.ru/shop/jac-cpd-10-s-mini>

28. Electric forklifts. Accessed: 21.10.2024. Available from: https://pogruzchiki-heli33.ru/catalog/elektropogruzchiki-heli/?yclid=12375048232192_180223 (in Russ.)
29. Skid steer loader. Accessed: 21.10.2024. Available from: <https://liugongrussia.ru/catalog/item/385b?ysclid=m2lt2jy32y809678458>
30. ChZSA to launch serial production of electric forklifts. In: *Construction and road engineering of Russia: events, facts, comments. Weekly review of publications in the media*. Moscow: Rosspetsmash; 2024;35(333). (in Russ.)
31. Russia may enter the top 5 lithium producers in the world. Accessed: 21.10.2024. Available from: <https://ria.ru/20230904/lity-1893987524.html> (in Russ.)

ОБ АВТОРЕ / AUTHOR'S INFO

Кульчицкий Алексей Рэмович,

д-р техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, заслуженный машиностроитель РФ;

специалист по сертификации конструкторского подразделения;

адрес: Россия, Владимирская область, Камешковский р-н, 601301, Камешково, ул. Дорожная, д. 14;

ORCID: 0000-0001-9609-0829;

eLibrary SPIN: 6807-8316;

e-mail: ark6975@mail.ru

Alexey R. Kulchitskiy,

Dr. Sci. (Engineering), assistant professor, senior researcher, honored mechanical engineer of the Russian Federation;

Certification specialist of the Design Department;

address: 14 Dorozhnaya st, Kameshkovo, Vladimir Region, Russia, 601301;

ORCID: 0000-0001-9609-0829;

eLibrary SPIN: 6807-8316;

e-mail: ark6975@mail.ru