

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Энергетическая безопасность

РАЗВИТИЕ ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РОССИИ: СТИМУЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ VEHICLE-TO-GRID

Татьяна Сергеевна РЕМИЗОВА ^{a,*},
Дмитрий Борисович КОШЕЛЕВ ^b

^a кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник Центра отраслевой экономики,
Научно-исследовательский финансовый институт (НИФИ),
Москва, Российская Федерация
tttatia@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 9117-4514

^b руководитель проекта, проектный офис АО «Атомэнергопромсбыт»,
Москва, Российская Федерация
dmk79@list.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 578/2022
Получена 26.12.2022
Получена в
доработанном виде
05.01.2023
Одобрена 12.01.2023
Доступна онлайн
14.02.2023

УДК 338.4

JEL: L94, O14, O32,
P28, Q42

Аннотация

Предмет. Электрификация транспорта.

Цели. Анализ экономических аспектов развития сети
электрозарядных станций в России.

Методология. Применены общенаучные методы исследования.

Результаты. Установлено, что в России в настоящее время
экономически наиболее выгоден тариф, разработанный с учетом
зарядки электромобиля в часы минимального потребления
электроэнергии.

Выводы. Для повсеместного применения электромобилей
требуется широкое развитие электрозарядной инфраструктуры,
а также использование инструментов управления спросом на
электрическую энергию.

Ключевые слова:

электромобили, зарядная
инфраструктура,
Vehicle-to-Grid, V2G,
электрозарядные станции

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Развитие зарядной инфраструктуры
в России: стимулы и перспективы применения технологии Vehicle-to-Grid // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2023. – Т. 19, № 2. –
С. 380 – 400.
<https://doi.org/10.24891/ni.19.2.380>

Вопросы развития электрического транспорта становятся все более актуальными с точки зрения перспектив национальной экономики, обеспечения комфортной городской среды. Электрификация транспорта является одним из инструментов достижения климатических целей. Углекислый газ оказывает влияние на климат, вызывая увеличение значений температуры поверхности земли, что представляет угрозу для здоровья человека. В 2007 г. Верховный суд США признал углекислый газ загрязняющим атмосферу. По общему объему выбросов лидируют производство электроэнергии и тепла, а также транспортный сектор. Переход от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания к электромобилям – важный шаг в создании безуглеродной экономики.

Ежегодно во всем мире возрастает интерес к электрическому транспорту. Ведущие компании заявляют, что в ближайшем будущем откажутся от производства автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и перейдут на производство исключительно электромобилей. Однако при таком переходе требуется широкое развитие электрозарядной инфраструктуры.

Цель работы – определение перспектив развития зарядной инфраструктуры и применения технологии Vehicle-to-Grid в России, позволяющей нивелировать проблемы качества и надежности энергоснабжения, вызванные ограничениями пропускной способности распределительной сети и неравномерностью энергопотребления при росте количества электротранспорта.

В рамках данной работы предполагается рассмотреть стимулы к развитию электрозарядных станций (ЭЗС); оценить возможные последствия подключения транспортных средств к электросети для энергетической инфраструктуры; определить предпосылки к появлению технологии Vehicle-to-Grid, рассмотреть ее преимущества и недостатки; изучить варианты тарификации; сформулировать предложения по использованию технологии Vehicle-to-Grid при развитии электрозарядной инфраструктуры.

Вопросы развития электромобилей рассмотрены в работах таких исследователей, как Ю.А. Kovalchuk, I.M. Stepnov, D.S. Nepluhina, M.V. Kaminsky [1], X.A. Фасхиев [2], В.В. Семикашев [3], К.Р. Кузнецов¹, М.В. Комарова², А.П. Рябчик [4], Т.С. Ремизова [5, 6], С.В. Ратнер [7].

¹ Кузнецов К.Р. Перспективы развития электромобилей в России // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 43. С. 1133–1135. URL: <https://drive.google.com/file/d/1P-iHkfqgLuF3ZGsxtIaPUJPPKbXhu1Kb/view>

² Комарова М.В. Анализ рынка электромобилей в России // *Инновации. Наука. Образование*. 2020. № 21. С. 276–281.

В рассмотренных работах отмечено, что по мере роста рынков электромобилей расширяется и доступ к ЭЗС.

В настоящее время зарядка электромобилей происходит в жилых домах и рядом с офисными зданиями. Потребители все чаще «ожидают» от электромобилей тех же характеристик, что и от обычных транспортных средств. По всему миру на конец 2021 г. насчитывается около 1,8 млн точек зарядки, из которых треть приходится на устройства для быстрой зарядки³. В 2021 г. было установлено почти 500 тыс. ЭЗС, что больше общего количества ЭЗС в 2017 г. Среднегодовые темпы роста за четыре года составили более 50%, скорость зарядки также возрастает.

Китай является мировым лидером по количеству ЭЗС. На долю Китая приходится около 85% «быстрых» и 55% «медленных» зарядных устройств. Странами – лидерами в Европе по количеству ЭЗС являются Германия, Франция и Нидерланды. В каждой из этих стран развитие электромобилей и ЭЗС поддерживается на государственном уровне. Меры поддержки в различных странах рассмотрены в работах А.О. Соболева [8], Г.А. Писарева [9], Л.П. Королевой [10]. Анализ данных работ показывает, что столь высокому темпу развитию ЭЗС в странах-лидерах способствовала последовательная реализация государственной политики в энергетической сфере.

Объемы средств, выделяемых для стимулирования перехода на электромобили в различных странах, указаны в *табл. 1*. Как видно из *табл. 1*, в Китае, Германии и Франции осуществляется значительная государственная поддержка. Например, в Германии планируется на каждой автозаправочной станции установить зарядную станцию для электромобилей. Цели по развитию ЭЗС формулируют и отдельные компании (*табл. 2*), такие как BP (за 10 лет компания планирует увеличить количество ЭЗС с 7,5 тыс. ед. до 70 тыс. ед.), Total (в 2020 г. компании принадлежали 4,5 тыс. ЭЗС в Нидерландах, а к 2025 г. планируется открыть 150 тыс. зарядных станций в Европе)⁴.

³ Trends in Charging Infrastructure. Charging Infrastructure is Expanding Significantly. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>

⁴ Total построит крупнейшую в Европе сеть зарядных станций. URL: https://auto.vercity.ru/autonews/80523_total_postroit_krupnejshuyu_v_evrope_set_zaryadnyh_stancij/?ysclid=lb35zfveh401119952; Сеть зарядных станций для электромобилей BP расширится благодаря сотрудничеству с BMW и Daimler. URL: <https://neftegaz.ru/news/gas-stations/673532-set-zaryadnykh-stantsiy-dlya-elektromobiley-bp-rasshiritsya-blagodarya-sotrudnichestvu-s-bmw-i-daimler/?ysclid=lb3h2zls8881317696>

Создание зарядной инфраструктуры во многих странах осуществляется при поддержке государства [11, 12] (табл. 3). В России количество ЭЗС невелико (около 4 тыс. точек по состоянию на 2022 г., из которых 688 предназначены для быстрой зарядки)⁵. Планы по развитию ЭЗС в России отражены в табл. 4.

Объем субсидий, выделенных на развитие электротранспорта, позволит создать 528 станций быстрой зарядки. Субсидии направлены на возмещение части затрат на закупку оборудования (60%), технологическое присоединение (30%), однако с учетом предполагаемого роста объема электромобилей в нашей стране (с 16,5 тыс. в 2022 г. до 50 тыс. к 2025 г.) необходимо значительное увеличение количества ЭЗС, что возможно при непосредственном участии государства. Без оказания государственной поддержки возможна ситуация, при которой затраты на создание зарядных станций будут возложены на энергетические организации, что приведет к повышению тарифов на электрическую энергию.

Вместе с тем развитие зарядной инфраструктуры и электромобилей может привести к значительной нагрузке на существующие электрические сети. Вопросы развития электрозарядной инфраструктуры для электромобилей были рассмотрены в работах таких авторов, как Q. Xiong [13], Д.Ю. Середкин⁶, А.В. Пилипенко⁷, Д.А. Григорьев⁸, Н.Л. Кетоева [14], А.И. Князев⁹. Рассмотрим возможные последствия подключения транспортных средств к электросети для энергетической инфраструктуры.

В настоящее время выделяют два основных типа ЭЗС: медленная (на переменном токе) и быстрая (на постоянном токе). Наиболее предпочтительной для потребителей является точка, где возможен быстрый заряд электромобиля. Зарядная емкость такой точки может составлять от 50 кВт до 350 кВт. Одна ЭЗС, состоящая из нескольких точек быстрого заряда, может иметь общую мощность от 500 кВт до 10 МВт. В будущем на

⁵ «Русгидро» намерена в 2022 г. увеличить число зарядных станций для электромобилей до 150. URL: <https://fomag.ru/news-stream/rusgidro-namerena-v-2022-g-uvelichit-chislo-zaryadnykh-stantsiy-dlya-elektromobiley-do-150/?ysclid=lbmc6b09us208868440>

⁶ Середкин Д.Ю., Булатов Р.В., Бурмейстер М.В. и др. Оценка влияния подзарядных станций электромобилей на уровень токов коротких замыканий при использовании электромобилей как источника резервной мощности // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 7-2. С. 116–123.

⁷ Пилипенко А.В., Кузьмин О.В. Организация инфраструктуры для электромобилей // Молодой ученый. 2022. № 41. С. 15–18.

⁸ Григорьев Д.А. Перспективы развития структуры зарядных станций электромобилей // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 31. С. 249–251.

⁹ Князев А.И. Обзор тенденций технологического развития и анализ рынка электромобилей и ЭЗС // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 6. С. 200–209.

автомагистралях целесообразно устанавливать ЭЗС мощностью до 50 МВт, а расстояние между зарядными станциями на автомагистралях составит 50 км.

Зарядные станции должны быть запитаны через инфраструктуру высокого напряжения. Установленные на автомагистралях ЭЗС вызовут значительную спорадическую нагрузку на энергетическую инфраструктуру и могут потребовать выделенной питающей сети. Проблема может возникнуть не только на автомагистралях, но и в мегаполисах (причем значительно раньше). Если электромобиль подключен к сети и будет заряжаться в момент пикового потребления электрической энергии, то это может привести к увеличению стоимости электрической энергии в «пиковый» час, что потребует дальнейшей модернизации инфраструктуры.

Снизить последствия позволят изменения в конструкции зарядных станций. Потребуется установка местных накопительных устройств, использование местной возобновляемой генерации, развитие дополнительных функций зарядки, в частности развитие и использование технологии Vehicle-to-Grid, позволяющей обеспечить гибкость спроса на электрическую энергию и избежать создания дополнительной энергетической инфраструктуры.

Технологии зарядки менялись на протяжении нескольких лет. Потребители электромобилей меняют свои предпочтения, а именно – переходят от неконтролируемой зарядки в любой период времени, когда электромобиль подключен к сети, к контролируемой, в рамках которой вводятся правила зарядки и соглашения о подключении. Изменяется и вид контролируемой зарядки: от управления временем подключения до использования технологии Vehicle-to-Grid.

На данный момент большинство электромобилей в мире работают в однонаправленном потоке электрической энергии: от сети к электромобилю. В то же время чем больше будет развиваться инфраструктура, тем больше будет возможностей для развития двунаправленных потоков электроэнергии: от сети к электромобилю и обратно. Технология двунаправленного потока электрической энергии получила название Vehicle-to-Grid. Для использования технологии Vehicle-to-Grid следует выполнить следующие условия:

- количество электромобилей должно быть достаточным для управления спросом;
- электромобили должны иметь возможность подключения к сети;

- процедуры зарядки и возврата электрической энергии в сеть должны быть управляемыми;
- устройства для сопряжения электромобилей с сетью должны быть оснащены точными приборами учета.

Выполнение этих условий позволит продавать услуги по регулированию скорости зарядки электромобилей, заряжать электромобили в более «дешевые» часы и продавать электрическую энергию обратно в сеть в более «дорогие» часы. Преимущества и недостатки использования технологии Vehicle-to-Grid рассмотрены в работах таких исследователей, как X. Li [15], S. Iqbal [16], V. Chamola [17], A. Dik [18], M.A. Hannan [19]. Основные преимущества и недостатки использования Vehicle-to-Grid систематизированы в *табл. 5*.

Важным преимуществом Vehicle-to-Grid является возможность не только уменьшить нагрузку на сеть, но и снизить цену на электрическую энергию в пиковые часы. Сокращение стоимости электрической энергии составляет от 5% до 25%¹⁰. Однако для того, чтобы технология получила свое развитие, потребители (владельцы электромобилей) должны быть заинтересованы в ее использовании. Для определения возможной выгоды при использовании данной технологии рассмотрим различные варианты тарификации.

Рассматривая вопросы тарификации, стоит обратить внимание на исследование, проведенное в Португалии¹¹. В данном исследовании было уделено внимание сравнению следующих вариантов тарификации: «немая» зарядка, концепция двойных тарифов и интеллектуальная зарядка. Варианты тарификации были рассмотрены с точки зрения тарифов на электрическую энергию, потребляемую/отдаваемую в сеть, стоимости оказания возможных услуг, потребления электрической энергии электромобилями в зависимости от установленных тарифов.

Исследователи анализировали несколько вариантов интеграции электромобилей и электрической сети, при этом оценивались технические ограничения сети: профили напряжения и уровни загрузки были оценены в час пиковой нагрузки. При оценке концепции двойных тарифов

¹⁰ V2G Technology and its Impact on the Daily Load Diagram.
URL: https://e-cigre.org/publication/c6-11083_2022

¹¹ Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.
URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

предполагалось, что 25% владельцев электромобилей заинтересованы в том, чтобы вносить плату в период, когда тарифы снижаются.

При оценке концепции интеллектуальной зарядки предполагалось, что не менее 50% владельцев электромобилей позволят управлять зарядкой. При установлении тарифов необходимо применять оптимизационный подход, обеспечивающий максимизацию прибыли владельца электромобиля.

Рассмотрим основные особенности вариантов тарификации (табл. 6). Так, интеллектуальная зарядка имеет значительные преимущества, но требует централизованного управления. Отметим, что при низком уровне интеграции электромобилей в сеть концепция двойных тарифов оказывает положительное влияние на производительность сети, но при более высоком уровне интеграции концепция двойных тарифов уже менее применима, так как большое количество электромобилей заряжается одновременно в вечерние часы.

По мнению авторов, в нашей стране с точки зрения тарификации возможны два варианта:

- применение двойного тарифа, при котором владельцам электромобилей предоставляются экономические стимулы для переноса процесса зарядки транспортных средств с периодов пиковых нагрузок;
- активное управление процессом зарядки, при котором нагрузка на батареи распределяется по часам, что позволяет непрерывно отслеживать условия работы сети и более эффективно использовать ресурсы, в том числе возобновляемые источники энергии.

Для того чтобы определить оптимальный вариант, экстраполируем результаты, полученные португальскими исследователями, на г. Москву. Итоговые по возможному потреблению электрической энергии в пиковые часы при различной доле электромобилей на рассматриваемой территории представим в табл. 7, 8.

С учетом утвержденной в 2021 г. Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года¹², предусматривающей рост числа

¹² Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 23.08.2021 № 2290-р). URL: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-23082021-n-2290-r/kontseptsia-po-razvitiu-proizvodstva-i/> yscld=lcyt54y044919787254

электромобилей не более чем на 10%, наиболее рациональным представляется:

- на первом этапе (до 2028 г.) – стимулирование к использованию зарядки в часы минимального потребления, то есть реализация концепции двойных тарифов,
- на втором этапе (с 2028 г.) – постепенный переход на интеллектуальную зарядку.

В России регулятором тарифов на электроэнергию может выступать Федеральная антимонопольная служба (ФАС), устанавливающая предельную стоимость в зависимости от региона по представлению региональной энергетической комиссии. Для максимизации прибыли владельцев электромобилей должно быть обеспечено использование дифференцированного тарифа с учетом часов максимальной загрузки, определяемых ежегодно.

Например, индекс равновесных цен на покупку электрической энергии в течение суток может увеличиться почти в 2 раза. Так, в 4 часа утра цена может быть равна 921,03 руб. за МВт·ч, а в 18 часов – 1 640,38 руб. за МВт·ч. Таким образом, если заряжать электромобиль в 4 часа утра, то будет обеспечена минимальная стоимость заряда, а регулирование нагрузки позволит владельцу электромобиля получить дополнительную выгоду.

Проведем сравнение «немой» зарядки, когда владелец электромобиля в Москве подключает его к зарядному устройству в любое удобное для него время, и концепции двойных тарифов. Допустим, цена на электроэнергию на розничном рынке для физических лиц в пределах Москвы составляет 5,63 руб. за кВт·ч в «пиковый» период и 1,64 руб. за кВт·ч в ночной период. Автомобиль используется каждый день в течение двух часов. В 9 часов владелец автомобиля направляется на работу, а в 19 часов возвращается с работы и заряжает электромобиль.

Для проведения дальнейшего расчета используем следующие технические характеристики электромобиля¹³:

- мощность аккумулятора – 60 кВт·ч;
- запас хода – 385 км;

¹³ Первый тест-драйв 60 кВт Nissan Leaf E-Plus.

URL: <https://elmob.ua/news/pervyj-test-drajv-60-kvt-nissan-leaf-e-plus/>

- время, необходимое для полного заряда на домашней станции – 11,5 ч.;
- расход емкости батареи – 6,42 кВт·ч.

Стоимость зарядки электромобиля с учетом допущений, что для восстановления заряда батареи требуется 3 часа, указана в *табл. 9*. В случае изменения структуры потребления, то есть использования концепции двойных тарифов, стоимость будет иной (*табл. 10*).

Допустим, электромобиль не только потребляет электрическую энергию, но и возвращает ее в сеть. Авторами были проведены расчеты, основанные на упрощенной модели, позволяющей описать общий подход, но не учитывающей все особенности тарифообразования для физических и юридических лиц в России. В соответствии с приведенными расчетами, если в «пиковый» час владелец электромобиля продаст электрическую энергию по максимальной цене, восстановив ее в ночной период, то с 5 кВт максимальная выгода составит 19,95 руб. Если же владелец электромобиля продает электрическую энергию и в «пиковые» утренние часы, решив, что для передвижения в течение дня достаточно меньшего заряда, то выгода в данном случае может превысить расход. Однако потребитель предпочитает полной заряд батареи, поэтому оптимальный вариант, предполагающий передачу электрической энергии в сеть, возможен только в вечерние «пиковые» часы.

Таким образом, пока доля электромобилей в России невелика и превалирует частное автовладение, возможно использовать дифференциацию исходя из текущих принципов установки тарифов для населения с учетом надбавки за использование ЭЭС и надбавки агенту-агрегатору (в случае возможности предоставления электрической энергии от электромобилей, одновременно подключенных к сети). Функции по установке тарифов и надбавок целесообразно закрепить за ФАС.

Когда доля электромобилей увеличится, возможно, потребуются отдельный тариф для электромобилей, в том числе для коммерческого транспорта, владельцами которого будут выступать юридические лица. На данный момент законодательство Российской Федерации предусматривает шесть ценовых категорий для юридических лиц, приобретающих электрическую энергию на розничном рынке (в том числе присутствуют категории, предполагающие почасовой учет и планирование).

Авторы считают, что по мере увеличения доли коммерческих электромобилей (за исключением муниципального транспорта)

целесообразно рассматривать вариант «ретрансляции» действующих принципов ценообразования для юридических лиц на процесс зарядки коммерческого транспорта. Данный вариант также следует рассматривать как механизм, стимулирующий к более широкому применению коммерческого электротранспорта, что может оказать значительное влияние на снижение выбросов CO₂.

Для того чтобы использовать технологию Vehicle-to-Grid, необходимо установить процедуру отбора ЭЗС на этапе их создания, в том числе при их субсидировании. Требуется разработка инструментов государственной поддержки создания ЭЗС в целях использования технологии Vehicle-to-Grid (государственно-частное партнерство, проведение тендеров на финансирование развития инфраструктуры, инициативное бюджетирование, гранты). Следует уделять внимание развитию потребительских предпочтений, объединению электромобилей в один субъект потребления на рынке электроэнергии в пределах территориальной единицы.

В России сохраняется неопределенность, связанная с обеспечением надежной работы электросети при массовом использовании электромобилей и энергетической безопасности в целом. В настоящее время в России необходимо создать нормативную базу для функционирования рынка электроэнергии и использования технологии Vehicle-to-Grid, обеспечить технические возможности применения этой технологии при создании новых ЭЗС.

Важное значение имеет тарифная диверсификация, то есть применение «двойных» тарифов при увеличении доли интеллектуальных зарядных электромобилей. Требуется учет предпочтений потребителей по скорости зарядки. Организация парковочных мест предполагает анализ данных по передвижению электромобилей. Следует разработать предложения по долгосрочному развитию ЭЗС и технологии Vehicle-to-Grid в нашей стране.

Таким образом, увеличение числа электромобилей в России требует формирования современной энергетической инфраструктуры. В период пиковой нагрузки могут быть применены инструменты управления спросом на электрическую энергию, к которым относится технология Vehicle-to-Grid. Сформулированные авторами предложения позволят реализовать в России широкие возможности этой технологии.

Таблица 1**Финансовая поддержка развития электрического транспорта в Китае, Франции и Германии (2020 г.)****Table 1****Financial support for the development of electric transport in China, France and Germany in 2020**

Страна	Объем выделенных средств, млрд евро	Направления
Китай	0,34	Стимулирование перехода на электромобили
Франция	8	Поддержка автомобильного сектора, в том числе создание инфраструктуры зарядных станций
Германия	5,6	Создание 78 тыс. зарядных станций в период 2020–2022 гг.

Источник: авторская разработка на основе: Горских С., Равлюк С. Рынок электротранспорта.

URL: <http://www.aluminas.ru/upload/iblock/3bf/Rynok-elektrotransporta.pdf>

Source: Authoring, based on Gorskih S., Ravlyuk S. *Rynok elektrotransporta* [Electric transport market]. URL: <http://www.aluminas.ru/upload/iblock/3bf/Rynok-elektrotransporta.pdf> (In Russ.)

Таблица 2**Планы некоторых компаний по созданию зарядных станций для электромобилей****Table 2****Plans of some companies to create charge stations for electric vehicles**

Организация	Период	Планы
ВР	10 лет	Увеличение числа зарядных станций с 7,5 тыс. ед. до 70 тыс. ед.
Total	5 лет	Открытие 150 тыс. зарядных станций в Европе

Источник: авторская разработка на основе аналитических материалов

Source: Authoring, based on analytical materials

Таблица 3**Государственная поддержка развития электрического транспорта в некоторых странах****Table 3****State support for the development of electric transport in some countries**

Страна	Инструменты
Китай	Гранты, предоставляемые городским властям. Государственно-частное партнерство. Программы развития электросетевых компаний
США	Гранты, предоставляемые городским властям. Государственно-частное партнерство
Норвегия	Субсидии, выделяемые муниципалитетам на строительство инфраструктуры
Нидерланды	Субсидии на развитие региональных и городских программ по развитию зарядной инфраструктуры
Франция	Гранты, предоставляемые муниципалитетам в целях строительства зарядных станций

Источник: авторская разработка на основе [13, 14]

Source: Authoring, based on [13, 14]

Таблица 4**Планы по созданию зарядных станций для электромобилей в России****Table 4****Plans for the development of charge stations in Russia**

Организация	Период	Планы
ПАО «Россети»	2 года	Увеличение количества электрозарядных станций на 600 ед. в Москве. Увеличение количества электрозарядных станций на восьми «пилотных территориях»
Группа «Русгидро»	2 года	Увеличение количества электрозарядных станций в основном на территории Дальневосточного федерального округа

Источник: авторская разработка на основе аналитических материалов

Source: Authoring, based on analytical materials

Таблица 5**Преимущества и недостатки технологии Vehicle-to-Grid****Table 5****Advantages and disadvantages of the Vehicle-to-Grid technology**

Параметр	Перечень
Преимущества	Возможность предоставления услуг в целях стабилизации напряжения и удовлетворения растущего спроса, а также в случае отключения энергоблока. Возможность снижения стоимости электрической энергии для потребителя. Сокращение выбросов CO ₂ в секторе электроэнергетики за счет использования возобновляемых источников энергии
Недостатки	Необходимо большое количество электромобилей, подключенных к сети одновременно, чтобы обеспечить необходимую мощность. Стоимость электроэнергии при использовании электромобиля может быть выше, чем стоимость электроэнергии при использовании традиционных источников энергии. Наличие эффекта «отскока», когда происходит быстрое подключение/отключение за один период времени

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6**Основные варианты тарификации****Table 6****The basic charging capability**

Варианты	Принципы
«Немая» зарядка	Бесплатная зарядка электромобилей в любое время. Зарядка начинается автоматически при подключении электромобиля в сеть и продолжается четыре часа
Концепция двойных тарифов	Потребление электрической энергии электромобилями зависит от действий владельца. Владелец предпочитает период, когда стоимость электроэнергии низкая. Период низких цен продолжается с 23 ч. до 8 ч. утра
Интеллектуальная зарядка	Осуществляется автоматическое и непрерывное отслеживание всех элементов, подключенных к сети, и оценивается ее состояние, что обеспечивает наиболее эффективное использование ресурсов и позволяет предотвратить перегрузки

Продолжение

Варианты	Решение вопросов контроля
«Немая» зарядка	Полное отсутствие контроля
Концепция двойных тарифов	Отсутствие централизованного контроля. Контроль осуществляется со стороны владельца
Интеллектуальная зарядка	Активная система управления. Иерархическая структура управления

Источник: авторская разработка на основе: *Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.* URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Source: Authoring, based on: *Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.* URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Таблица 7

Среднестатистический регион Португалии: потребление электрической энергии в «пиковые» периоды при различной доле электромобилей в общем числе транспортных средств

Table 7

Average region of Portugal: Electricity consumption at peak considering different proportions of electric vehicles in total number of vehicles

Параметры	Варианты значений				
Количество транспортных средств, ед.	12 744	12 744	12 744	12 744	12 744
Доля электромобилей, %	0	5	10	14	52
Потребление энергии в «пиковый» период, МВт·ч	277,1	283,2	294	301,7	388,1

Источник: авторская разработка на основе: *Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.* URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Source: Authoring, based on: *Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.* URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Таблица 8

Москва: потребление электрической энергии в «пиковые» периоды при различной доле электромобилей в общем числе транспортных средств

Table 8

Moscow: Electricity consumption at peak considering a different proportion of electric vehicles in the total number of vehicles

Параметры	Варианты значений				
Количество транспортных средств, ед.	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000
Доля электромобилей, %	0	5	10	14	52
Потребление энергии в «пиковый» период, МВт·ч	14 000	14 750	15 500	16 100	21 800

Источник: авторская разработка на основе: Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid. URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Source: Authoring, based on: Peças Lopes J.A., Soares F.J., Rocha Almeida P.M. Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid.

URL: <https://repositorio.inesctec.pt/server/api/core/bitstreams/fa116292-79cb-4253-95ba-a29c118718da/content>

Таблица 9

Стоимость зарядки электромобиля без учета дополнительных факторов

Table 9

The cost of charging an electric car not taking into account additional factors

Период	Мощность кВт	Расход батареи, кВт
9 ч.	60	–
С 9 ч. до 10 ч.	60	6,42
С 10 ч. до 19 ч.	53,58	–
С 19 ч. до 20 ч.	53,58	6,42
С 20 ч. до 21 ч. (пик)	–	–
С 21 ч. до 23 ч.	–	–
С 23 ч. до 7 ч.	–	–
Сумма		

Продолжение

Период	Время зарядки, ч.	Тариф, руб./кВт	Стоимость, руб.
9 ч.	–	–	–
С 9 ч. до 10 ч.	–	–	–
С 10 ч. до 19 ч.	–	–	–
С 19 ч. до 20 ч.	–	–	–
С 20 ч. до 21 ч. (пик)	1	5,63	29,55
С 21 ч. до 23 ч.	2	3,96	41,58
С 23 ч. до 7 ч.	–	1,64	–
Сумма			71,13

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 10**Стоимость зарядки электромобиля при использовании двойного тарифа****Table 10****The cost of charging an electric car when using a double tariff**

Период	Мощность кВт	Расход батареи, кВт
9 ч.	60	–
С 9 ч. до 10 ч.	60	6,42
С 10 ч. до 19 ч.	53,58	–
С 19 ч. до 20 ч.	53,58	6,42
С 20 ч. до 21 ч. (пик)	–	–
С 21 ч. до 23 ч.	–	–
С 23 ч. до 7 ч.	–	–
Сумма		

Продолжение

Период	Время зарядки, ч.	Тариф, руб./кВт	Стоимость, руб.
9 ч.	–	–	–
С 9 ч. до 10 ч.	–	–	–
С 10 ч. до 19 ч.	–	–	–
С 19 ч. до 20 ч.	–	–	–
С 20 ч. до 21 ч. (пик)	–	5,63	–
С 21 ч. до 23 ч.	–	3,96	–
С 23 ч. до 7 ч.	3	1,64	25,83
Сумма			25,83

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Список литературы**

1. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М., Неплюхина Д.С., Каминский М.В. The Conditional Consumer's View on the Development of the Electric Vehicle Market: Russian Case // Проблемы рыночной экономики. 2022. № 2. С. 64–74. URL: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-2-64-74>
2. Фасхиев Х.А. Рынок электромобилей России. Оживление налицо // Маркетинг в России и за рубежом. 2020. № 1. С. 90–100.
3. Семикашев В.В., Колпаков А.Ю., Яковлев А.А., Ростовский Й.К. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3. С. 52–63. URL: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-52-63>
4. Рябчик А.П. Проблемы и перспективы использования электромобилей в XXI веке – новые возможности или путь в никуда? // Экономические системы. 2022. Т. 15. № 1. С. 255–262.

5. Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Развитие электромобилей как источника обеспечения гибкости спроса на пути к декарбонизации энергетического сектора // Проблемы современной экономики. 2020. № 2. С. 251–254. URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=6918>
6. Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Влияние мировых тенденций на рынок электромобилей в России: проблемы, возможности и направления развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. Вып. 5. С. 913–939. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.5.913>
7. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Инструменты практической реализации климатической политики в области транспорта: эконометрический анализ мирового опыта // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. Вып. 12. С. 2272–2294. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.12.2272>
8. Кетоева Н.Л., Сазонова И.Д., Заргарян М.Т., Киселева М.А. Состояние и перспективы развития рынка электромобилей в РФ // Муниципальная академия. 2022. № 3. С. 74–85. URL: <http://journal-rma.ru/journals>
9. Писарев Г.А., Катаргин В.Н., Камольцева А.В. Влияние стимулирующих факторов на расширение использования электромобилей в России // Транспорт на альтернативном топливе. 2022. № 2. С. 71–77.
10. Королева Л.П., Белова К.А., Фролова М.К. Государственный бюджет как финансовая основа экологической политики в странах ЕС // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. Вып. 8. С. 1567–1587. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.8.1567>
11. Пелегов Д.В., Еременко Г.А. Государственная поддержка электрического транспорта в Китае: причины, меры и перспективы // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 3. С. 921–934. URL: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-19>
12. Ратнер С.В., Маслова С.С. Государственное стимулирование развития рынка электрических транспортных средств: мировой опыт // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. Вып. 22. С. 1281–1299. URL: <https://doi.org/10.24891/fc.23.22.1281>
13. Xiong Q., Zhang Z., Bazhanov A.G. et al. Electric Vehicle Charging Scheduling and Pricing Based on Stackelberg Game. *Bulletin of Science*

and Practice, 2022, vol. 8, iss. 8, pp. 387–402.

URL: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/39>

14. *Соболев А.О., Попцов Д.А.* Меры государственной поддержки электромобилей в ФРГ // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. 2021. № 2. С. 93–99.
URL: <https://doi.org/10.15211/vestnikieran220219399>
15. *Li X., Tan Y., Liu X. et al.* A Cost-Benefit Analysis of V2G Electric Vehicles Supporting Peak Shaving in Shanghai. *Electric Power Systems Research*, 2020, vol. 179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106058>
16. *Iqbal S., Xin A., Jan M.U. et al.* V2G Strategy for Primary Frequency Control of an Industrial Microgrid Considering the Charging Station Operator. *Electronics*, 2020, vol. 9, iss. 4.
URL: <https://doi.org/10.3390/electronics9040549>
17. *Chamola V., Sancheti A., Chakravarty S. et al.* An IoT and Edge Computing Based Framework for Charge Scheduling and EV Selection in V2G Systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2020, vol. 69, iss. 10.
URL: <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.3013198>
18. *Dik A., Omer S., Boukhanouf R.* Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration. *Energies*, 2022, vol. 15, iss. 3.
URL: <https://doi.org/10.3390/en15030803>
19. *Hannan M.A., Mollik M.S., Al-Shetwi A.Q. et al.* Vehicle to Grid Connected Technologies and Charging Strategies: Operation, Control, Issues and Recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 339.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130587>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Energy Security

CHARGING INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN RUSSIA: INCENTIVES AND PROSPECTS FOR THE VEHICLE-TO-GRID TECHNOLOGY USE

Tat'yana S. REMIZOVA ^{a,*},
Dmitrii B. KOSHELEV ^b

^a Financial Research Institute of Ministry of Finance of Russian Federation (FRI),
Moscow, Russian Federation
tttatia@yandex.ru
ORCID: not available

^b AO Atomenergopromsbyt (Atom Power Industry Trade JSC),
Moscow, Russian Federation
dmk79@list.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 578/2022
Received 26 Dec 2022
Received in revised
form 5 January 2023
Accepted 12 Jan 2023
Available online
14 February 2023

JEL classification:

L94, O14, O32, P28,
Q42

Keywords:

electric
vehicles, charging
infrastructure, Vehicle-
to-Grid, V2G, charge
stations

Abstract

Subject. This article discusses the issues related to the transportation electrification.

Objectives. The article aims to analyze the economic aspects of the development of a network of power charging stations in Russia.

Methods. For the study, we used general scientific research methods.

Results. The article finds that in Russia at present, the tariff developed taking into account the charging of an electric vehicle during the hours of minimum electricity consumption, is the most economically profitable.

Conclusions. The widespread use of electric vehicles requires the widespread development of electric charging infrastructure, as well as the use of tools to manage the demand for electrical energy.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Remizova T.S., Koshelev D.B. Charging Infrastructure Development in Russia: Incentives and Prospects for the Vehicle-to-Grid Technology Use. *National Interests: Priorities and Security*, 2023, vol. 19, iss. 2, pp. 380–400.
<https://doi.org/10.24891/ni.19.2.380>

References

1. Kovalchuk J.A., Stepnov I.M., Nepluhina D.S., Kaminsky M.V. The Conditional Consumer's View on the Development of the Electric Vehicle

- Market: Russian Case. *Problemy rynochnoi ekonomiki = Market Economy Problems*, 2022, no. 2, pp. 64–74.
URL: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-2-64-74>
2. Faskhiev Kh.A. [The market of electric vehicles in Russia – there is a revival]. *Marketing v Rossii i za rubezhom = Journal of Marketing in Russia and Abroad*, 2020, no. 1, pp. 90–100. (In Russ.)
 3. Semikashev V.V., Kolpakov A.Yu., Yakovlev A.A., Rostovski J.K. [Development of the electric vehicles market in Russia as a necessary condition for benefiting from the global trend towards transport electrification]. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*, 2022, no. 3, pp. 52–63. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-52-63>
 4. Ryabchik A.P. [Challenges and opportunities of electric vehicles in the XXI century – new opportunities or the road to nowhere?]. *Ekonomicheskoe sistemy = Economic Systems*, 2022, vol. 15, iss. 1, pp. 255–262. (In Russ.)
 5. Remizova T.S., Koshelev D.B. [Development of electromobility as a source of demand flexibility on the way to decarbonization of the energy production sector]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2020, no. 2, pp. 251–254.
URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=6918> (In Russ.)
 6. Remizova T.S., Koshelev D.B. [The impact of global trends on the electric vehicle market in Russia: Challenges, opportunities and directions of development]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2021, vol. 17, iss. 5, pp. 913–939. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.5.913>
 7. Ratner S.V., Iosifov V.V. [Tools for practical implementation of climate policy in transport: Econometric analysis of global experience]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2021, vol. 17, iss. 12, pp. 2272–2294. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.12.2272>
 8. Ketoyeva N.L., Sazonova I.D., Zargaryan M.T., Kiseleva M.A. [State and prospects of development of the electric car market in the Russian Federation]. *Munitsipal'naya akademiya = Municipal Academy*, 2022, no. 3, pp. 74–85. URL: <http://journal-rma.ru/journals> (In Russ.)

9. Pisarev G.A., Katargin V.N., Kamoltseva A.V. [Influence of stimulating factors on the expansion of the use of electric vehicles in Russia]. *Transport na al'ternativnom toplive = Alternative Fuel Transport*, 2022, no. 2, pp. 71–77. (In Russ.)
10. Koroleva L.P., Belova K.A., Frolova M.K. [The national budget as the financial basis for the environmental policy in the EU countries]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2021, vol. 17, iss. 8, pp. 1567–1587. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.17.8.1567>
11. Pelegov D.V., Eremenko G.A. [State support of electric vehicle industry in China: the driving forces, actions and perspectives]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2020, vol. 16, iss. 3, pp. 921–934. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-19>
12. Ratner S.V., Maslova S.S. [State incentives for electric vehicle market development: Best practices]. *Finansy i kredit = Finance and Credit*, 2017, vol. 23, iss. 22, pp. 1281–1299. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/fc.23.22.1281>
13. Xiong Q., Zhang Z., Bazhanov A.G. et al. Electric Vehicle Charging Scheduling and Pricing Based on Stackelberg Game. *Bulletin of Science and Practice*, 2022, vol. 8, iss. 8, pp. 387–402.
URL: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/39>
14. Sobolev A.O., Poptsov D.A. [The measures of State support for the development of electric vehicles in Germany]. *Nauchno-analiticheskii vestnik Instituta Evropy RAN = Scientific and Analytical Herald of IE RAS*, 2021, no. 2, pp. 93–99. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.15211/vestnikieran220219399>
15. Li X., Tan Y., Liu X. et al. A Cost-Benefit Analysis of V2G Electric Vehicles Supporting Peak Shaving in Shanghai. *Electric Power Systems Research*, 2020, vol. 179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106058>
16. Iqbal S., Xin A., Jan M.U. et al. V2G Strategy for Primary Frequency Control of an Industrial Microgrid Considering the Charging Station Operator. *Electronics*, 2020, vol. 9, iss. 4.
URL: <https://doi.org/10.3390/electronics9040549>

17. Chamola V., Sancheti A., Chakravarty S. et al. An IoT and Edge Computing Based Framework for Charge Scheduling and EV Selection in V2G Systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2020, vol. 69, iss. 10.
URL: <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.3013198>
18. Dik A., Omer S., Boukhanouf R. Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration. *Energies*, 2022, vol. 15, iss. 3.
URL: <https://doi.org/10.3390/en15030803>
19. Hannan M.A., Mollik M.S., Al-Shetwi A.Q. et al. Vehicle to Grid Connected Technologies and Charging Strategies: Operation, Control, Issues and Recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 339.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130587>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.