

В.А. Рягина, Е.А. Труфанов, В.А. Оленцевич

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ СТАНЦИЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, НА ПРИМЕРЕ МИКРОРАЙОНА УНИВЕРСИТЕТСКИЙ ГОРОДА ИРКУТСКА

Аннотация. В представленном научном исследовании рассматриваются проблемы и перспективы развития экологичного автомобильного транспорта в российских городах и регионах, как ключевого фактора прироста парка экологически безопасного рода транспорта. По данным Межрегиональной ассоциации развития и внедрения системы экологичного транспорта России, на начало 2022 года в Иркутске зарегистрировано более двух тысяч электромобилей. Проведённые исследования одного из крупных микрорайонов города Иркутска показали, что существенной проблемой для более широкого распространения электрических транспортных средств и как следствие создания комфортной городской среды, стала недостаточная зарядная инфраструктура, а кое-где и ее отсутствие.

В данной научной статье авторы, рассмотрев действующий порядок размещения и использования зарядной инфраструктуры согласно требованиям установленным «СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» произвели проектирование инфраструктуры станций зарядки электромобилей, на примере микрорайона Университетский города Иркутска. Расчет производился с целью удовлетворения потребностей как минимум 5% пользователей электромобилей от общего количества личных транспортных средств жителей данного микрорайона. Авторы представили расчет потребности и оптимального оснащения электрозаправочных станций. Разработали схему их размещения с использованием методов математического моделирования, которая связывает между собой время зарядки электромобиля, его пробег на одной заряде, время зарядки на специализированной станции, количество имеющихся парковочных мест.

Ключевые слова: комфортная городская среда, система экологичного транспорта, электрическое транспортное средство, зарядная инфраструктура, электромобиль, зарядный пистолет для раздачи топлива.

V.A. Ryagina, E.A. Trufanov, V.A. Olencevich

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

DESIGNING THE INFRASTRUCTURE OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS, USING THE EXAMPLE OF THE UNIVERSITETSKIY MICRODISTRICT OF IRKUTSK

Abstract. The presented scientific research examines the problems and prospects of the development of eco-friendly road transport in Russian cities and regions as a key factor in the growth of the fleet of environmentally safe kind of transport. According to the Interregional Association for the Development and Implementation of the Eco-friendly Transport System of Russia, more than two thousand electric vehicles were registered in Irkutsk at the beginning of 2022. The conducted studies of one of the large neighborhoods of the city of Irkutsk have shown that a significant problem for the wider distribution of electric vehicles and, as a consequence, the creation of a comfortable urban environment, has become insufficient charging infrastructure, and in some places its absence.

In this scientific article, the authors, having considered the current procedure for the placement and use of charging infrastructure in accordance with the requirements established by "SP 42.13330.2011 Urban Planning. Planning and construction of urban and rural settlements" produced the design of the infrastructure of electric vehicle charging stations, using the example of the University micro district of the city of Irkutsk. The calculation was made in order to meet the needs of at least 5% of electric vehicle users from the total number of personal vehicles of residents of this neighborhood. The authors presented a calculation of the needs and optimal equipment of electric filling stations. We have developed a scheme for their placement using mathematical modeling methods, which connects the charging time of an electric vehicle, its mileage on a single charge, charging time at a specialized station, and the number of available parking spaces.

Keywords: comfortable urban environment, eco-friendly transport system, electric vehicle, charging infrastructure, electric car, charging gun for fuel distribution.

Введение

Город Иркутск, в силу своего притяжения к Дальнему Востоку, занимает лидирующее место в Российской Федерации по количеству электромобилей. Достаточно небольшой срок работы в данном направлении позволил определить и ряд проблем. Отсутствие грамотно спроектированного инфраструктурного комплекса для зарядки электромобилей, как частного, так и общественного электрического транспорта – проблема, решение которой позволит ускорить развитие экологичного транспорта в Иркутске и Иркутской области, прилегающих регионах, Российской Федерации в целом. Создание развитой и современной инфраструктуры зарядных станций для обслуживания электрических транспортных средств приведёт к приросту парка электромобилей, позволит обеспечить комфортную городскую среду [1-3].

Важность своевременного эффективного развития зарядной инфраструктуры в условиях постоянного прироста парка электрического транспорта, в полной мере нашла свое отражение в основном, регламентирующем транспортную сферу страны документе «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [1]. Данный документ доказывает необходимость развития электрического транспорта и потребной для его оптимального функционирования инфраструктуры. Но при этом необходимо учитывать, что потребное число создаваемых общественных зарядных станций должно соответствовать росту количества электрических транспортных средств.

Устройство электромобилей

Транспортные средства, приводимые в движение с помощью электрических двигателей, относятся к категории электромобили. Питание электродвигателя подобных механизмов осуществляет при помощи аккумуляторных батарей и специализированных топливных элементов. На рисунке 1 представлены его основные составляющие узлы [4-6].

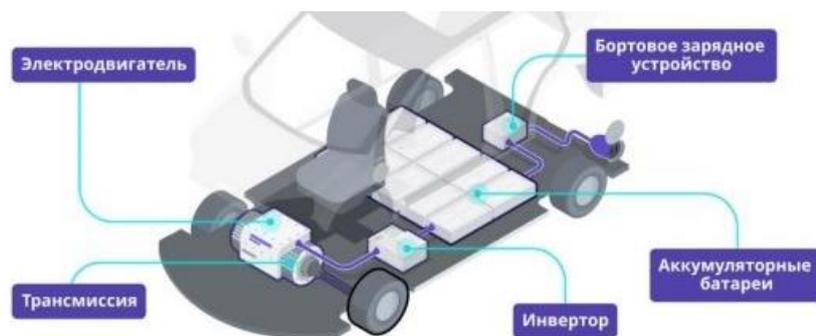


Рис. 1. Устройство электромобиля

Электродвигатель приводит в движение электромобиль, трансмиссия в отличие от обычных автомобилей, имеет только одну передачу, служит для включения задней передачи. Инвертор преобразует постоянный ток в переменный. Бортовое зарядное устройство служит для зарядки аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи в зависимости от их количества и емкости требуют подзарядки через определенное время, которое называется пробегом. Зарядить батареи возможно различными способами, отличающимися друг от друга по временному и техническому параметрам.

В настоящее время используется два основных вида зарядки электромобилей: «быстрая» и «медленная». Медленная зарядка осуществляется специализированными устройствами I и II уровня, переносными и домашними (так называемыми «дворовыми»), рисунок 2.



Рис. 2. Устройства медленной зарядки электромобиля

Средняя продолжительность времени полной зарядки электромобиля с использованием зарядных устройств I уровня составляет 12 часов, II уровня – 6-7 часов.

Зарядные устройства III уровня позволяют зарядить электромобиль за 30-40 минут. Установку устройств мощностью более 20 кВт целесообразно производить для использования только в целях предпринимательской деятельности, рисунок 3.



Рис. 3. Устройства быстрой зарядки электромобиля

Статистика показывает, что основным сдерживающим фактором в развитии рынка электрических транспортных средств российских городов и регионов является отсутствие или низкое качество инфраструктуры по их зарядке. Так в США на начальном этапе внедрения на один электромобиль приходилось 2-4 станции, например, проект The EV Project предполагает наличие 14960 зарядных станций на 8500 электромобилей [7-10].

По расчетам российских специалистов, в ближайшие годы, при росте количества электрических транспортных средств до 168000 тс в стране возникнет потребность создания 333600 зарядных станций.

Порядок размещения и использования зарядной инфраструктуры

Оптимальный вариант расположения зарядной инфраструктуры (электрозаправочной станции) – это место, где владелец электрического транспортного средства планирует провести несколько часов. Например, приехал на работу или за покупками, оставил свой электромобиль «подкрепиться», и уехал с подзаряженным аккумулятором.

Для размещения электрозаправочных станций целесообразно рассматривать следующие элементы инфраструктурного комплекса городов: жилые дворы, торговые и деловые центры, точки общественного питания, фитнес-центры, учебные заведения.

Установка электрозарядных устройств II уровня применима только для жилых дворов, где водителю электрического транспортного средства во время подзарядки электромобиля нет необходимости находиться в непосредственной близости к транспортному средству. Устройства III уровня могут устанавливаться как во дворах жилых районов, так и в общественных местах [11, 12].

Согласно требованиям установленным «СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [13] существует норматив по использованию одного зарядного пистолета для раздачи топлива на 1200 электромобилей. Средний расход топлива в смешанном цикле составляет 8,5 литров на 100 км, т.е. электромобилю требуется 32,11 литров в неделю, что эквивалентно двум заправкам ($n_{\text{зар}} = 2$ зарядки) по 5 минут ($t_{\text{зар}} = 5$ мин.). По данным источника [14], средний пробег в неделю составляет 377,72 км.

Заявленный производителем пробег на одном заряде наиболее популярного электромобиля марки Nissan Leaf составляет 160 км. То есть существует потребность в трех зарядках в неделю ($n_{\text{зар}} = 3$ зарядки) на станциях III уровня по 30 минут ($t_{\text{зар}} = 30$ мин.).

Учитывая вышеприведенные данные, составим следующую пропорцию нормативного значения для электрозаправочных станций III уровня, формула (1)

$$x_{\text{ЭМ}} = \frac{x_{\text{авт}}}{\frac{t_{\text{зар}}}{t_{\text{зап}}} \cdot \frac{n_{\text{зар}}}{n_{\text{зап}}}}; \quad (1)$$

где $x_{\text{авт}}$ – количество автомобилей на один зарядный пистолет для раздачи топлива;

$t_{\text{зар}}$ – время зарядки электромобиля;

$t_{\text{зап}}$ – время заправки автомобиля;

$n_{\text{зар}}$ – количество зарядок в неделю;

$n_{\text{зап}}$ – количество заправок в неделю.

Подстановка в формулу (1) показала следующий результат:

$$x_{\text{ЭМ}} = \frac{1200}{\frac{30}{5} \cdot \frac{3}{2}} = 133 \text{ тс.}$$

Представленный расчет производится с целью удовлетворения потребностей как минимум 5% электромобилей от общего количества личных транспортных средств населения анализируемой территории.

Проектирование и распределение инфраструктуры станций зарядки электромобилей в микрорайоне Университетский города Иркутска

Согласно [13] современные двory жилых домов вмещают в среднем 70 автомобилей ($n_{\text{совр}} = 70$ авт.), а двory, построенные до начала 2010-х годов в среднем 40 автомобилей ($n_{\text{до 2010}} = 40$ авт.).

1. В микрорайоне Университетский размещен крупный жилой комплекс «Союз», состоящий из 7 секторов по 70 блоков, каждый из которых эквивалентен парковочным местам в жилом дворе ($z_1 = 7$ дв., $n_1 = 70$ авт.)

Рядом расположен проезд Юрия Тена, в котором присутствует 4 двора и размещены таун-хаусы для парковки личного транспорта ($z_2 = 4$ дв., $n_2 = 40$ авт.). На пересечении улицы Улан-Баторская и проезда Юрия Тена находится комплекс жилых домов с адресом Университетский микрорайон, дома №№ 1Б, 1Д, 2Б, 2Д, 4Б, которые объединены одним паркингом ($z_3 = 1$ дв., $n_3 = 70$ авт.).

В западной части Университетского микрорайона расположены дома, двory которых вмещают 40 автомобилей. Количество данных дворов составляет 24 ($z_4 = 24$ дв., $n_4 = 40$ авт.).

Итого, суммарные дворовые территории микрорайона Университетского будут вмещать в себя следующий объем автотранспортных средств, формула (2)

$$N = \sum z_i \cdot n_i; \quad (2)$$

где z_i – количество дворов определенного типа;

n_i – норматив по количеству автотранспортных средств во дворе.
Подстановка в формулу (2) показала следующий результат:

$$N = 7 \cdot 70 + 4 \cdot 40 + 1 \cdot 70 + 24 \cdot 40 = 1680 \text{ тс.}$$

Определим размер величины, составляющей 5% электромобилей от суммарного количества транспортных средств, размещаемых в жилых дворах рассматриваемого сектора, формула (3)

$$N_{\text{ЭМ}} = 0,05 \cdot N; \quad (3)$$

Подстановка в формулу (3) показала следующий результат:

$$N_{\text{ЭМ}} = 0,05 \cdot 1680 = 84 \text{ тс.}$$

На основе проведенного расчета можно сделать следующий вывод – для обслуживания заданного количества электрических транспортных средств необходимо соорудить и обустроить одну электрозаправочную станцию III уровня на территории жилых дворов. Её размещение наиболее целесообразно произвести в жилом комплексе «Союз».

2. В западной части микрорайона Университетский количество транспорт средств составляет, формула (2)

$$N_{\text{ЗУ}} = 24 \cdot 40 = 960 \text{ тс.}$$

Определим размер величины, составляющей 5% электромобилей от суммарного количества транспортных средств, размещаемых в жилых дворах западной части микрорайона Университетский, формула (3)

$$N_{\text{ЭМ-ЗУ}} = 0,05 \cdot 960 = 48 \text{ тс.}$$

Составлена пропорция, из которой следует норма электрозарядных станций II уровня:

$$x_{\text{ЭМ}} = \frac{x_{\text{авт}}}{\frac{t_{\text{зар}} \cdot n_{\text{зар}}}{t_{\text{зап}} \cdot n_{\text{зап}}}}; \quad (4)$$

где $x_{\text{авт}}$ – количество автомобилей на один топливораздаточный пистолет;

$t_{\text{зар}}$ – время зарядки электромобиля;

$t_{\text{зап}}$ – время заправки автомобиля;

$n_{\text{зар}}$ – количество зарядок в неделю;

$n_{\text{зап}}$ – количество заправок в неделю.

Подстановка в формулу (4) показала следующий результат:

$$x_{\text{ЭМ}} = \frac{1200}{\frac{360}{5} \cdot \frac{3}{2}} = 11 \text{ тс.}$$

Проведённый расчет показал, что в западной части микрорайона Университетский требуется установка и обустройство пяти электрозарядных станций II уровня.

3. Точки общественного питания, фитнес-центры. Концентрация точек общественного питания и фитнес-центров находится в жилом комплексе «Союз», в домах №№ 23, 25, 27, рядом с которыми уже расположена электрозарядная станция быстрой зарядки электромобилей компании «En+ Group». Т.е. потребности сооружения дополнительных центров зарядки в пределах данной территории не существует.

4. Торговые центры. Рынок Мельниковский и торговый центр «Снегирь» находятся в непосредственной близости друг с другом, расположены на разных сторонах улицы Улан-Баторская. Также рядом расположена база компании «Логистика Миля», осуществляющая работу сервисов Яндекс. Размещение в непосредственной близости электростанции III уровня обеспечит большую проходимость торгового центра и рынка, станет дополнительной причиной использования электрокаров в коммерческих сферах (такси, доставка, курьерская служба).

На основе полученных результатов исследования составлена карта оптимального размещения зарядных станций на территории микрорайона Университетский. Желтыми маркерами обозначены зарядные станции II уровня, синими – III уровня, рисунок 4.

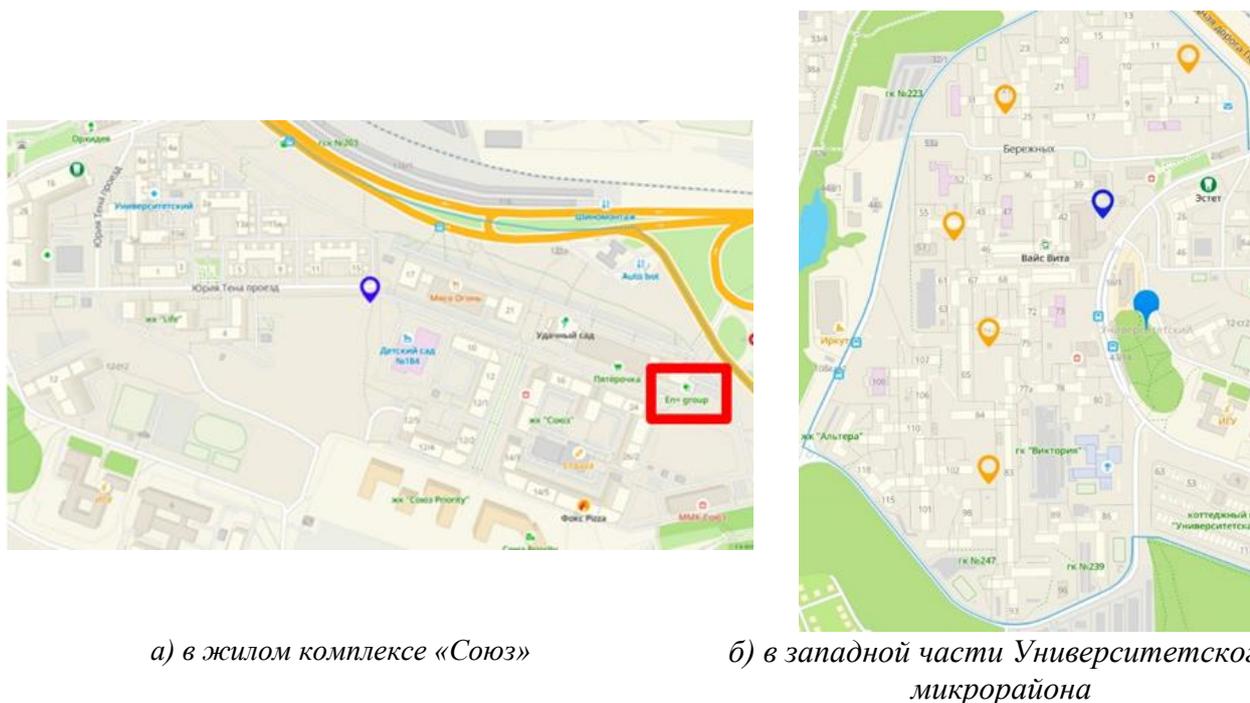


Рис. 4. Карта оптимального размещения станций зарядки электромобилей на территории микрорайона Университетский

Математическая модель в среде Excel

Построена математическая модель в среде Excel которая связывает между собой время зарядки электромобиля, его пробег на одной зарядке, время зарядки на специализированной станции в зависимости от её уровня, количество парковочных мест для транспортных средств, процент электромобилей от общего количества имеющихся парковочных мест, рисунок 5 [14-18].

	Пробег 1 зар	Время зарядки	Количество зарядок нед	ТС на 1 ЭЭС	N машиномест	% ЭМ от N	N(ЭМ)	потр кол- во ЭЭС
II уровень	160	360	3	11	1680	5	84	8
III уровень		30		133				1

Рис. 5. Математическая модель

После внесения данных в соответствующие ячейки с помощью формул осуществляется расчет:

- потребного количества зарядок для электромобиля в неделю;
- количества электромобилей, которое может обслужить одна электростанция;

– потребное количество электростанций в рассматриваемом районе, жилом комплексе.

Представленную математическую модель можно тиражировать для расчета указанных показателей в условиях дальнейшего развития рынка электрических транспортных средств российских городов и регионов, с целью создания комфортной городской среды, повышения уровня системы экологичного транспорта [19-21].

Заключение

В представленной статье авторами рассмотрен опыт зарубежных стран в развитии электротранспорта, выявлено техническое отставание России в области зарядной инфраструктуры. Страны с наиболее развитой инфраструктурой имеют более крупный парк электромобилей. Создание современной, оптимальной инфраструктуры электростанций приведет к росту парка электромобилей, создаст комфортную городскую среду, повысит уровень использования системы экологичного транспорта. Для создания и успешного развития сети электростанций городов и регионов требуются использование комплексных методов расчета и проектирования, учитывающих изменения структуры рынка транспортных средств и транспортную стратегию функционирования отрасли в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, Распоряжение Правительство Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р, Москва.
2. Першина И.Е., Крылач А.И., Оленевич В.А. Вопросы развития городской транспортной логистической системы // Молодая наука Сибири. 2022. № 4 (18). С. 55-61.
3. Коржавин П.С., Чиков В.В., Оленевич В.А. Повышение эргономической привлекательности подвижного состава городского наземного электрического транспорта // Молодая наука Сибири. 2023. № 2 (20). С. 59-66.
4. Асадов Д. Г. Исследование состояния и перспективы развития инфраструктуры электромобилей / Асадов Д. Г. // Международный технико-экономический журнал - 2011. - № 5. - С. 132 – 135.
5. Электромобильное оборудование для производства электрозапчастей: сайт. URL-адрес: <http://e-va.pro/#2> (дата обращения: 22.05.2023).
6. АВТОСТАТ аналитическое агентство: сайт. URL:<https://m.autostat.ru> (дата обращения: 22.08.2023).
7. Камольцева, А.В., Писарев, Г.А. Методы размещения зарядных станций электромобилей // Диссертация на соискание кандидата технических наук / Камольцева, А. В., Писарев, Г. А.; Сибирский федеральный университет. — Красноярск, 2019. — 74 с.
8. International Energy Agency: сайт.URL: <https://www.iea.org/topics/transport/evi/> (дата обращения: 20.08.2023).
9. Гопаченко Ю. А. Алгоритм модуля программного комплекса для моделирования системы массового обслуживания электрических зарядных станций/ Гопаченко Ю. А., Якунин А.Г. // Ползуновский альманах - 2016. - № 2. - С. 58 – 62.
10. Новостной портал TUT.BY: сайт. URL-адрес: <https://auto.tut.by/news/exclusive/588362.html> (дата обращения: 22.05.2023).
11. ПАО «МОЭСК» Россети Московский регион: сайт. URL: https://www.moesk.ru/spec_projects/moesk_ev/ (дата обращения: 22.05.2023).
12. TESLA: сайт. URL: <https://www.tesla.com/supercharger> (дата обращения: 22.05.2023).
13. Свод Правил 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. 2011. 84 с.
14. Асадов Д. Г. Обоснование оптимального количества зарядных станций электромобилей / Асадов Д. Г. // Международный научный журнал - 2011. - № 5. - С. 131 – 135.
15. Оптимизация количественных и качественных параметров размещения электростанций для электромобилей в г. Казани с учетом режимов электрических сетей на

основе MatLab Simulink: отчет о НИР Зиганшина А.И. - Томск: Томский Политехнический университет, 2016. - 4 с.

16. Оленев В.С., Камольцева А.В. Разработка схемы размещения сети АЗС для административного района крупного города: магистерская диссертация // Сибирский Федеральный университет Политехнический институт. 2010. 82 с.

17. Писарев Г.А. Сети зарядных станций для электромобилей как эффективный элемент транспортной инфраструктуры/ Писарев Г.А., Камольцева А.В. // Авиамашиностроение и транспорт Сибири сборник статей X Международной научно-технической конференции - 2018. - С. 358 – 426.

18. S.-N. Yang, H.-W. Wang, C.-H. Gan, and Y.-B. Lin. Mobile charging station service in smart grid networks. in 2012 IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm). IEEE, 2012, pp. 412–417.

19. F. Chen, Z. Zhao, G. Min, et al. Speedcontrol of mobile chargers serving wireless rechargeable networks. Future Generation Computer Systems. 2018; 80:242–249.

20. Li Z., Sahinoglu Z., Tao Z. Electric vehicles network with nomadic portable charging stations. in 2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference. IEEE, 2010, pp. 1–5.

21. Kedia RK. and Naick BK. Review of vehicle route optimization. in 2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE). IEEE. 2017, pp. 57–61.

REFERENCES

1. Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035, Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363-r of November 27, 2021, Moscow.

2. Pershina I.E., Krylach A.I., Olentsevich V.A. Issues of urban transport logistics system development // Molodaya nauka Sibiri. 2022. No. 4 (18). pp. 55-61.

3. Korzhavin P.S., Chikov V.V., Olentsevich V.A. Improving the ergonomic attractiveness of rolling stock of urban ground electric transport // Molodaya nauka Sibiri. 2023. No. 2 (20). pp. 59-66.

4. Asadov D. G. Research of the state and prospects of development of electric vehicle infrastructure / Asadov D. G. // International Technical and Economic Journal. 2011. No. 5. pp. 132 - 135.

5. Electric vehicle equipment for the production of electric parts: website. URL: <http://eva.pro/#2> (accessed: 05/22/2023).

6. AUTOSTAT analytical agency: website. URL:<https://m.autostat.ru> (date of reference: 08/22/2023).

7. Kamoltseva, A.V., Pisarev, G.A. Methods of placing electric vehicle charging stations // Dissertation for Candidate of Technical Sciences / Kamoltseva, A.V., Pisarev, G. A.; Siberian Federal University. Krasnoyarsk, 2019. 74 p.

8. International Energy Agency: website.URL: <https://www.iea.org/topics/transport/evi/> / (accessed: 08/20/2023).

9. Gopachenko Yu. A. Algorithm of the software package module for modeling the queuing system of electric charging stations/ Gopachenko Yu. A., Yakunin A.G. // Polzunovsky Almanac - 2016. - No. 2. - pp. 58 – 62.

10. News Portal TUT.BY : website. URL: <https://auto.tut.by/news/exclusive/588362.html> (accessed: 05/22/2023).

11. PJSC "MOESK" Rosseti Moscow region: website. URL: https://www.moesk.ru/spec_projects/moesk_ev/ / (accessed: 05/22/2023).

12. TESLA: website. URL: <https://www.tesla.com/supercharger> (date of application: 22.05.2023).

13. Code of Rules 42.13330.2011 Urban Planning. Planning and development of urban and rural settlements. 2011. 84 p.

14. Asadov D. G. Substantiation of the optimal number of electric vehicle charging stations / Asadov D. G. // International Scientific Journal. 2011. No. 5. pp. 131 – 135.
15. Optimization of quantitative and qualitative parameters of the placement of electric charging stations for electric vehicles in Kazan, taking into account the modes of electric networks based on MatLab Simulink: report on Ziganshina A.I. Research Institute - Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2016. - 4 p.
16. Olenov V.S., Kamoltseva A.V. Development of the layout of the gas station network for the administrative district of a large city: master's thesis // Siberian Federal University Polytechnic Institute. 2010. 82 p.
17. Pisarev G.A. Networks of charging stations for electric vehicles as an effective element of transport infrastructure / Pisarev G.A., Kamoltseva A.V. // Aircraft engineering and transport of Siberia collection of articles of the X International Scientific and Technical Conference -2018. - pp. 358-426.
18. S.-N. Yang, H.-W. Wang, C.-H. Gan, and Y.-B. Lin. Mobile charging station service in smart grid networks. in 2012 IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm). IEEE, 2012, pp. 412–417.
19. F. Chen, Z. Zhao, G. Min, et al. Speedcontrol of mobile chargers serving wireless rechargeable networks. Future Generation Computer Systems. 2018; 80:242–249.
20. Li Z., Sahinoglu Z., Tao Z. Electric vehicles network with nomadic portable charging stations. in 2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference. IEEE, 2010, pp. 1–5.
21. Kedia RK. and Naick BK. Review of vehicle route optimization. in 2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE). IEEE. 2017, pp. 57–61.

Информация об авторах

Рягина Вероника Алексеевна – обучающаяся 4-го курса факультета «Управление на транспорте и информационные технологии», специальность «Эксплуатация железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: veronika.ryagina@mail.ru.

Труфанов Евгений Александрович – обучающийся 4-го курса факультета «Управление на транспорте и информационные технологии», специальность «Эксплуатация железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: eatrufanov02@gmail.com.

Оленцевич Виктория Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich_va@mail.ru

Information about the authors

Ryagina Veronica Alekseevna – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: veronika.ryagina@mail.ru.

Trufanov Evgeny Alexandrovich – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: eatrufanov02@gmail.com.

Viktoriya Aleksandrovna Olencevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, the Subdepartment of "Operational Work Management", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olencevich_va@mail.ru