

УДК 621.311.61

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

А.Р. Сафин, И.В. Ившин, А.Н. Цветков, Л.В. Долومانюк, Т.И. Петров, В.Р. Басенко

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1792-8780>, sarkazan@bk.ru

Резюме: ЦЕЛЬ. Зарядная инфраструктура является одним из факторов, влияющих на переход к электрическим транспортным средствам, так как эксплуатируемые электромобили характеризуются небольшим запасом хода и длительным периодом заряда батареи. На сегодняшний день, развитие зарядной инфраструктуры зависит только от сетей стационарных зарядных станций, которые тоже обладают недостатками (высокая стоимость, отсутствие мобильности и т.д.). Поэтому цель данной работы является изучение конструктивных особенностей мобильных установок заряда электротранспорта (МУЗЭ) для разработки эскизной конструкторской документации по созданию нового проекта. Данный вопрос включает в себя изучение мирового рынка производителей современных мобильных зарядных устройств, изучение технических и эксплуатационных особенностей, которые сегодня предъявляются к современным системам хранения и накопления энергии.

МАТЕРИАЛЫ. Изучение вопроса конструктивных особенностей мобильных установок заряда электротранспорта включает в себя сбор и изучение отчетов производителей данных устройств, конструкторскую документацию, включающую в себя схемы построения современных зарядных устройств, изучение актуальных материалов, связанных с системами хранения энергии, в частности отчеты Bloomberg New Energy Finance.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На основе анализа конструктивных особенностей современных МУЗЭ была разработана эскизная конструкторская документация для изготовления макета МУЗЭ и выделены основные характеристики установки. НИОКР выполнены в ФГБОУ ВО «КГЭУ».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Мобильные устройства заряда электротранспорта являются уникальным решением для развития промышленности, в частности данная технология позволяет повысить эксплуатационные возможности электротранспорта, в частности электромобилей. При этом данная технология позволяет решать смежные для электротранспорта задачи, в частности развитие применения ВИЭ, распределенной генерации и друг задач топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: мобильное устройство заряда электротранспорта; система хранения энергии; электротранспорт; транспортная инфраструктура.

Благодарности: Публикация статьи осуществлена в рамках проекта «Организация высокотехнологичного производства мобильных установок заряда электротранспорта высокой мощностью с интегрированной системой накопления электроэнергии», Соглашение №075-11-2021-048 с Минобрнауки РФ от 25 июня 2021 г.

STUDY OF DESIGN FEATURES OF MOBILE CHARGING UNITS FOR ELECTRIC TRANSPORT FOR DEVELOPMENT OF SKETCH DESIGN DOCUMENTATION

AR. Safin, IV. Ivshin, AN. Tsvetkov, LV. Dolomanyuk, TI. Petrov, VR. Basenko

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1792-8780>, sarkazan@bk.ru

Abstract: THE PURPOSE. Charging infrastructure is one of the factors influencing the transition to electric vehicles, as the electric vehicles in operation are characterized by a small range and a long battery charge period. Today, the development of the charging infrastructure depends only on the networks of stationary charging stations, which also have disadvantages (high cost, lack of mobility, etc.). Therefore, the purpose of this work is to study the design features of mobile electric vehicle charge units (MCSEU) for the development of draft design documentation for the creation of a new MCSEU project. This issue includes the study of the world market of manufacturers of modern mobile chargers, the study of technical and operational features that are today presented to modern energy storage and storage systems.

MATERIALS. The study of the design characteristics of mobile electric vehicle charging units includes the collection and study of reports from device manufacturers, design documentation that includes a diagram of the construction of modern chargers, the study of relevant materials related to energy storage, in specific reports from Bloomberg New Energy Finance.

CONCLUSION. Mobile charging devices for electric transport are a unique solution for the development of industry, in particular, the technology makes it possible to increase the operational capabilities of electric transport, in particular. This technology allows solving problems for electric transport, in particular, the use of renewable energy sources, distributed generation and each other's tasks of the fuel and energy complex.

Keywords: mobile charging device for electric transport; energy storage system; electric transport; transport infrastructure.

Acknowledgments: The publication of the article was carried out within the framework of the project "Organization of high-tech production of mobile high-power electric transport charge units with an integrated energy storage system", Agreement No. 075-11-2021-048 with the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated June 25, 2021.

Введение

Развитие электротранспорта приводит к необходимости создания соответствующей инфраструктуры. Согласно результатам исследования, проведенного агентством *Deloitte*, более 60% потенциальных покупателей электромобилей одним из главных условий рассматривают наличие развитой зарядной инфраструктуры, показателем для оценки которой служат плотность расположения зарядных станций, скорость и качество заряда электромобилей [1, 2].

На сегодняшний день, в стратегии развития автомобильной промышленности РФ до 2025 г. формирование парка электрических транспортных средств рассматривается как мировой тренд, что ставит перед отечественной промышленностью задачу развития зарядной инфраструктуры [3, 4]. В результате, в плане мероприятий по реализации данной стратегии, утверждённой в декабре 2019 года правительством РФ, одним из пунктов указана необходимость разработки предложений по формированию программы оснащения дорожной и городской инфраструктуры зарядными станциями для электромобилей [5].

При этом в мире формирование зарядной инфраструктуры проводится с учётом разрабатываемых научно - обоснованных подходов, которые являются результатом анализа социальных факторов, характеризующих владельцев электромобилей, особенностей планирования территории городов и другое. В Российской Федерации эксплуатация электрических транспортных средств имеет ряд особенностей, которые связаны с высокой долей выполняемых зарядных сессий в частных домовладениях, длительным периодом низких температур, большими средними суточными пробегами транспортных средств и другие. Современным решением данных проблем может служить создание мобильных установок заряда электротранспорта (МУЗЭ), как части транспортной и электросетевой инфраструктуры.

Главным элементом МУЗЭ служат накопители энергии, в частности аккумуляторные батареи. В своем последнем исследовании, компания *Bloomberg New Energy Finance* [6,7] прогнозирует, что глобальное развитие систем аккумуляторных батарей вырастет с 9 гигаватт (ГВт) в 2020 году до 1095 ГВт к 2040 году. *Bloomberg* также прогнозирует, что

данный рост накопителей энергии потребует новых инвестиций в размере 662 миллиарда долларов. В то же время аналитики прогнозируют экспоненциальный рост использования аккумуляторных электромобилей. В 2020 году глобальный парк электромобилей составил 5-6 миллионов владельцев данного вида транспорта, и ожидается, что к 2030 году он вырастет в 25 раз. Ввиду вышесказанного, можно сказать, что создание и реализация МУЗЭ является актуальной задачей и имеет высокую инвестиционную привлекательность.

Рынок мобильных устройств заряда электротранспорта и особенности их применения

Мобильные установки заряда электротранспорта являются уникальным решением для развития и повышения устойчивости системы электротранспорта, в частности электромобилей.

Рынок производства современных мобильных устройств заряда уже существует и сформирован следующими производителями:

- *MOBISUN Mobile*;
- *ZeroBase*;
- *Power Edison*;
- *RES*;
- *MERUS POWER*
- *Aggreko*;
- *Posetron*;
- *MOBISMART*.

Данные производители предлагают мобильные устройства заряда электротранспорта, а также хранения энергии для использования в других сферах жизнедеятельности [8]. Особенности применение устройств хранения энергии от современных производителей представлен в таблице 1.

Таблица 1

Особенности применения МУЗЭ современных мировых производителей	
Производитель	Особенности применения
<i>MOBISUN Mobile</i>	- Применение совместно с дизель - генераторами
<i>ZeroBase</i>	- Мобильные зарядные центры - Повышение надежности электросети
<i>Power Edison</i>	- Снижение перегрузки - Отсрочка обновления системы - Регулирование частоты
<i>RES</i>	- Резервное электропитание - Обеспечение временных дополнительных потребностей в электроэнергии
<i>MERUS POWER</i>	- Предоставление услуг по хранению энергии по сезонным или краткосрочным контрактам - Интеграция с возобновляемыми источниками энергии
<i>Aggreko</i>	- Повышение качества и надежности электроснабжения - Интеграция с возобновляемыми источниками энергии
<i>Posetron</i>	- Энергетическое страхование - Применение в области разведки месторождений
<i>MOBISMART</i>	- Сопряжение с автономными генераторами - Поддержка ВИЭ и регулирование частоты - Резервное питание

Из таблицы 1 видно, что применение МУЗЭ решает широкий спектр задач, что дает дополнительные возможности реализации данной технологии [9]. При этом довольно большое количество производителей на мировом рынке говорит о том, что рынок МУЗЭ начинает формироваться и развивается быстрыми темпами [10].

Также современные устройства заряда производителей обладают следующими типами мощности, которые представлены в таблице 2.

Стандартные типы мощности МУЗЭ современных мировых производителей

Производитель	Мощность
<i>MOBISUN Mobile</i>	3,7 кВт
<i>ZeroBase</i>	5 – 120 кВт
<i>Power Edison</i>	1000 кВт
<i>RES</i>	500 кВт
<i>MERUS POWER</i>	50 - 2000 кВт
<i>Aggreko</i>	1000 кВт
<i>Posetron</i>	100 - 1000 кВт
<i>MOBISMART</i>	30 - 1600 кВт

Довольно большая разница в типах мощности обусловлена различными областями применения, на которые рассчитаны мобильные зарядные устройства, а также применением различных технологий в создании систем хранения энергии.

Конструктивные особенности мобильных устройств заряда электротранспорта

Современные МУЗЭ имеют модульный тип конструкции. В состав модуля МУЗЭ входит корпус в виде контейнера, который служит местом размещения внешней защиты системы заряда и системы хранения энергии. Внешний вид модуля МУЗЭ одного из ведущих производителей представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид МУЗЭ компании *MERUS POWER* Fig. 1. Exterior view of MCSEU of *MERUS POWER*

Технической основой самого зарядного устройства служат аккумуляторные батареи, среди которых, на сегодняшний день, наиболее распространенными являются литий-ионные аккумуляторы [12-15]. Также основным компонентом МУЗЭ является система преобразователей электроэнергии, которые являются инверторными системами. Помимо этого, для обеспечения надежной работы в модуле МУЗЭ имеются системы управления, которые могут включать в себя:

- системы контроля,
- противоаварийные системы,
- системы пожаротушения,
- системы учета потребления энергии,
- SCADA системы и др.

Обобщенная блок - схема состава МУЗЭ представлена на рисунке 2.

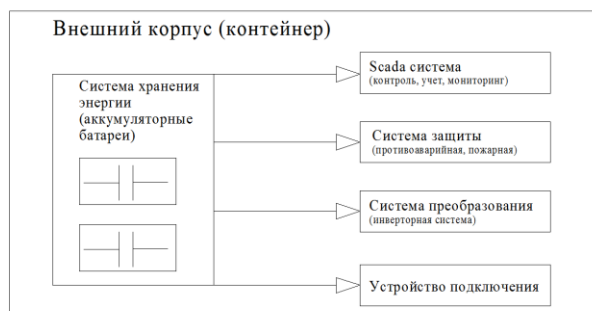


Рис. 2. Обобщенная блок - схема состава МУЗЭ Fig. 2. Generalized block diagram of the composition of the MCSEU

Данная схема строения МУЗЭ имеет общий характер и может меняться в зависимости от типа исполнения устройства заряда и задач, решаемых тем или иным устройством [16]. Например, мобильное устройство заряда компании *MERUS POWER*, предназначенное для заряда электротранспорта и имеющее возможность интеграции с возобновляемыми источниками энергии имеет следующее конструктивное строение:

- внешний корпус (контейнер);
- литий-ионный аккумулятор;
- систему *SCADA*, включающую в себя контроль, мониторинг и защиту;
- двунаправленную систему преобразования электрической мощности;
- устройство подключения.

Схема данного мобильного устройства заряда представлена на рисунке 3.

Особенностью данной схемы является применение *PLC* технологии, с помощью которой осуществляется передача данных в *SCADA* систему зарядного устройства [17]. Также в данном типе мобильного зарядного устройства осуществлена двунаправленная система преобразования электрической мощности, которая позволяет интегрировать данное устройство, как с различными потребителями [18], так и с различными источниками питания.

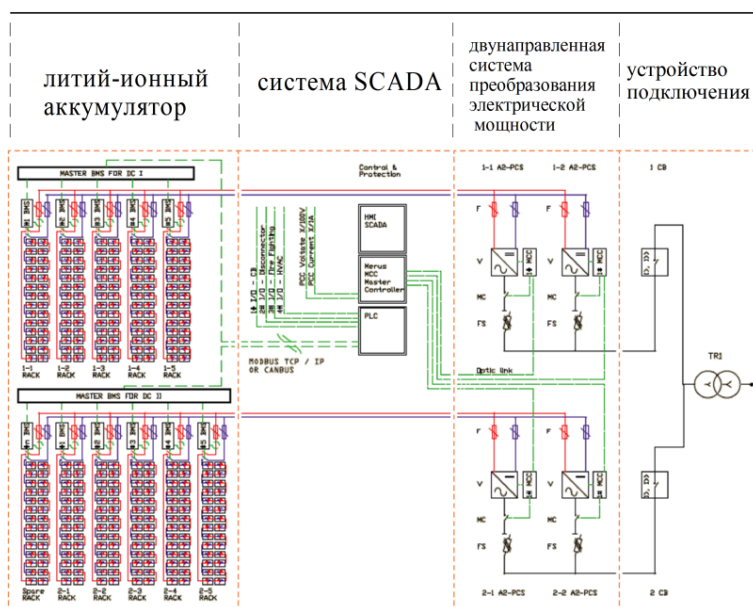


Рис. 3. Схема МУЗЭ компании MERUS POWER

Fig. 3. MCSEU scheme of the MERUS POWER company

Особенности эскизной конструкторской документации для разработки мобильных установок заряда электротранспорта

Разрабатываемая мобильная установка заряда электротранспорта будет обладать высокой мощностью с интегрированной системой накопления электроэнергии, которая предназначена для увеличения автономности работы транспортных средств на электротяге и обеспечения стабильной и устойчивой работы децентрализованных и нетрадиционных источников электроэнергии, работающих как автономно, так и в составе микроэнергетических систем.

На основе проведенного анализа конструктивных особенностей мобильных установок заряда электротранспорта сформированы следующие требования к созданию нового проекта МУЗЭ. В состав разрабатываемой МУЗЭ будут входить:

- 1) Типовой ISO-Контейнер;
- 2) Станция управления;
- 3) Блок накопителей электроэнергии;
- 4) Устройство инверторное;
- 5) Устройство индукционное зарядное.

Технические характеристики для эскизной конструкторской разрабатываемого проекта МУЗЭ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные параметры разрабатываемого МУЗЭ

№ п/п	Наименование параметра	Норма
1	Энергоемкость, МВт·ч	1; 1,6; 2
2	Номинальная активная мощность, кВт	1000±5 %; 2000±5 %; 3000±5 %
3	Номинальное напряжение, В	380±10 % 3-х фазное, 4-х-проводная сеть переменного тока с заземленной нейтралью
4	Номинальный ток, А	800±5 %; 1600±5 %; 3200±5 %;
5	Номинальная частота питания, Гц	(50±1)
6	Степень защиты	IP 54
7	Длина зарядного кабеля, м, не более	10
8	Напряжение переменного тока зарядки, В	220±10 % 380±10 %
9	Напряжение постоянного тока зарядки, В	от 400 до 800
10	Номинальный ток зарядки, А	63±5 %
11	Виды зарядок в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013	Зарядка 3 Зарядка 4
12	Габаритные размеры: - длина, м, не более - ширина, м, не более - высота, м, не более	6 2,5 2,6
13	Масса, кг. не более	25000
14	Время полной зарядки МУЗЭ от трансформатора при прямом подключении к сети среднего напряжения, ч, не более	24
15	Время хранения энергии без подзаряда, лет, не менее	2

Таким образом выделены основные параметры, которые предъявляются к современным МУЗЭ. На 1 этапе проекта необходимо разработать эскизную конструкторскую документацию для изготовления макета МУЗЭ, которая также основывается на проведенном анализе. Исходя из модульности конструкции, для создания макета достаточно использование одного полноценного блока АКБ с системой управления.

Макет на 200 кВт·ч (рис. 4.) размещен в стандартном 20-футовом контейнере, с внутренним размером (полезный объем): 5,89 м × 2,33 м × 2,38 м.

Аккумуляторный отсек использует литиевую батарею, с 2 параллельными блоками и 45 последовательными батареями, с общей энергоемкостью 200 кВт·ч (обозначены желтым цветом). Батареи распределены по 2 сторонам контейнера, чтобы обеспечить равномерную и стабильную загрузку. Батарейный отсек состоит из 3 слоев, расстояние между которыми составляет 20-25 см. Для обеспечения устойчивости центр тяжести стеллажей с батареями необходимо расположить ближе к полу. Учитывая различные дорожные условия при транспортировании, на стеллаже устанавливаются аккумуляторы с усиленной и вибропоглощающей конструкцией.

Накопитель электроэнергии использует двунаправленный преобразователь на 100 кВт (обозначен зеленым): переменный ток в постоянный: вход по 3 фазам переменного тока, обеспечивая 100 кВт для зарядки аккумуляторной батареи; постоянный ток в переменный: выход по 3 фазы переменного тока, предлагая 100 кВт для нагрузки.

В аппаратном отсеке находятся станция управления, распределительный щит и т. д.

Также в состав накопителя входит трансформатор (обозначен красным).

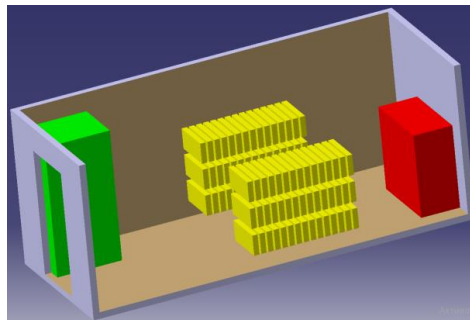


Рис. 4. Компоновка макета МУЗЭ

Fig. 4. Experimental model layout MCSEU

Заключение

МУЗЭ является уникальным решением для развития транспортной инфраструктуры, в частности данная технология позволяет повысить эксплуатационные возможности электротранспорта, в частности электромобилей. При этом применение МУЗЭ не ограничивается только сферой электротранспорта и позволяет применять данное устройство для решения различных задач в области накопления и хранения энергии для различных сфер жизнедеятельности человека.

Разработанные сегодня МУЗЭ имеют значительный диапазон мощностей: начиная от 4 кВт заканчивая мощностью в 2 МВт. Данная особенность позволяет создавать и применять МУЗЭ для различных типов электротранспорта, что расширяет возможности реализации данной технологии.

Устройства современных МУЗЭ сводится к модульному типу. Внешней оболочкой и местом размещения и крепления служит транспортный контейнер, что придает высокую мобильность данному устройству.

Ключевым элементом МУЗЭ являются системы накопления энергии. От вида и типа систем накопления энергии будет зависеть компоновка мобильного устройства заряда, применение тех или иных систем контроля, защиты и мониторинга, технические характеристики и стоимость всего устройства.

При этом технология мобильного зарядного устройства существенно расширяет возможности применения электротранспорта, в частности электромобилей, а также позволяет решать различные задачи топливно-энергетического комплекса, связанные с автономными источниками питания и системами распределенной генерации.

Основные параметры МУЗЭ и эскизная конструкторская документация для изготовления макета основываются на выявленных технологических требованиях, полученных в результате проведенного анализа существующих систем зарядной инфраструктуры в России и за рубежом.

Литература

1. Вельниковский А.А. Методика обоснования региональной инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (на примере Санкт-Петербурга): автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.22.10 / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2019. 28 с.
2. Асадов Д.Г. Обоснование эффективности технического сервиса мобильных электроагрегатов транспортного назначения при эксплуатации: дисс. д-ра техн. наук: 05.20.03 Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. Москва, 2012. 305 с.
3. He S.Y. Incorporating institutional and spatial factors in the selection of the optimal locations of public electric vehicle charging facilities. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016. № 67. pp. 131-148.
4. Gimenez-Gaydou D.A. Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas. International Journal of Sustainable Transportation. 2016. № 10. pp. 393-405.
5. Ko J. Locating battery exchange stations for electric taxis: A case study of Seoul,

South Korea. International Journal of Sustainable Transportation. 2015. № 10. pp. 139-146.

6. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 12 мая 2018 года): распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 г. № 1734-р [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/902132678>.

7. Global EV Outlook 2020 [Электронный ресурс] // International Energy Agency. Режим доступа : <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2020>.

8. Мировой опыт стимулирования рынка экологичных видов транспорта [Электронный ресурс] // Deloitte. Режим доступа: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/Corporate_responsibility/russian/ru_international_experience_rus.pdf.

9. Горбунова А. Д. Научное обоснование расположения зарядных станций для электромобилей // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник материалов XIV международной научно-практической конференции. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 158–162.

10. Горбунова А.Д., Анисимов И.А. Анализ научных подходов к обоснованию расположения зарядной инфраструктуры для электромобилей // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 6-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 66–68.

11. Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности до 2025 года: распоряжение правительства РФ от 28.04.2018 г. № 831-р [Электронный ресурс] // Правительство России. Документы. Режим доступа: <http://government.ru/docs/32547/>.

12. Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 12.12.2019 г. № 2942-р [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_340442/.

13. Daskin M. S. Network and Discrete Location Models, Algorithms, and Applications. New Jersey: John Wiley&Sons, 2013. 535 p.

14. Daskin M. S. What you should know about location modeling // Naval Research Logistics. 2011. № 5. pp. 283–294.

15. Frade I., Ribeiro A., Goncalves G, et al. Optimal Location of Charging Stations for Electric Vehicles in a Neighborhood in Lisbon, Portugal // Transportation Research Record. 2011. № 2. pp. 91–98.

16. Gimenez-Gaydou D.A., Ribeiro A., Gutierrez J. Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas: A new approach // International Journal of Sustainable Transportation. 2014. № 5. pp. 393–405.

17. Ghamami M., Nie Y., Zockaie A. Planning charging infrastructure for plug-in electric vehicles in city centers // International Journal of Sustainable Transportation. 2015. № 4. pp. 343-353.

18. Cruz-Zambrano M., Corchero C., Conzalez I. Optimal location of fast charging stations in Barcelona: A Flow-Capturing approach [Электронный ресурс] // European Energy Market (EEM): materials of international conference. Available at: 10.1109/EEM.2013.6607414.

Авторы публикации

Сафин Альфред Робертович – д-р., техн., наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

Ившин Игорь Владимирович – д-р., техн., наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

Цветков Алексей Николаевич – канд., техн., наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

Долومانюк Леонид Владимирович – канд., пед., наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

Петров Тимур Игоревич – ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

Басенко Василий Романович – ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

References

1. Velnikovskiy AA. *Methodology for substantiating the regional infrastructure of automobile gas-filling compressor stations (on the example of St. Petersburg)*. diss. cand. tech. Sciences: 05.22.10, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2019; 28.
2. Asadov DG. *Substantiation of the effectiveness of technical service of mobile electric units for transport purposes during operation*. diss. dr. Tech. Sciences: 05.20.03, Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2012;305.
3. He SY. *Incorporating institutional and spatial factors in the selection of the optimal locations of public electric vehicle charging facilities*. Transportation Research Pt C: Emerging Technologies. 2016;67;131-148.
4. Gimenez-Gaydou D. A. Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas. *A new approach International Journal of Sustainable Transportation*. 2016;10;393-405.
5. Ko J. Locating battery exchange stations for electric taxis: A case study of Seoul, South Korea *International Journal of Sustainable Transportation*. 2015;10;139-146.
6. *On the approval of the Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030* (as amended on May 12, 2018): Order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734-r. Electronic fund of legal and normative-technical documentation Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/902132678>.
7. Global EV Outlook 2020. *International Energy Agency*. Access mode: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2020>.
8. *World experience in stimulating the market for environmentally friendly modes of transpo*. Deloitte. Access mode: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/Corporate_responsibility / russian / ru_international_experience_rus.pdf.
9. Gorbunova AD. *Scientific substantiation of the location of charging stations for electric vehicles*. Progressive technologies in transport systems: collection of materials of the 14 international scientific and practical conference. Orenburg: Orenburg State University. 2019; 158–162.
10. Gorbunova AD. *Analysis of scientific approaches to substantiating the location of the charging infrastructure for electric vehicles*. Progressive technologies and processes: collection of scientific articles of the 6th All-Russian scientific and technical conference with international participation. Kursk: South-West State University. 2019;66–68.
11. *On the approval of the Strategy for the Development of the Automotive Industry until 2025*: Order of the Government of the Russian Federation of 28.04.2018 No. 831-r. Government of Russia. The documents. Access mode: <http://government.ru/docs/32547/>.
12. *On the approval of the action plan for the implementation of the Strategy for the development of the automotive industry of the Russian Federation for the period up to 2025*: order of the Government of the Russian Federation of 12.12.2019, No. 2942-r [Electronic resource]. ConsultantPlus. Access mode: http://www.consultant.ru/document / cons_doc_LAW_340442 /.
13. Daskin MS. Network and Discrete Location Models, Algorithms, and Applications.

New Jersey: John Wiley & Sons. 2013;535.

14. Daskin MS. What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics*. 2011;5;283–294.

15. Frade I, Ribeiro A, Goncalves G, et.al. Optimal Location of Charging Stations for Electric Vehicles in a Neighborhood in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Record*. 2011;2;91–98.

16. Gimenez-Gaydou DA, Ribeiro A, Gutierrez J. Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas: A new approach. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2014; 5; 393–405.

17. Ghamami M., Nie Y, Zockaie A. Planning charging infrastructure for plug-in electric vehicles in city centers. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2015;4;343 - 353.

18. Cruz-Zambrano M, Corchero C, Conzalez I. *Optimal location of fast charging stations in Barcelona: A Flow-Capturing approach*. European Energy Market (EEM): materials of international conference. Access mode: 10.1109 / EEM.2013.6607414.

Authors of the publication

Alfred R. Safin – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Igor V. Ivshin – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Alexey N. Tsvetkov – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Leonid V. Dolomanyuk – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Timur I. Petrov – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Vasily R. Basenko – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Получено

13.10.2021г.

Отредактировано

23.10.2021г.

Принято

25.10.2021г.