

Н.Е. Устинов, В.И. Карасев, М.Э. Скоробогатов

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

СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Аннотация. В современном мире как для рабочей деятельности, так и для развлечений повсеместное применение нашли электронные мобильные устройства разных форм-факторов и назначений (телефоны, планшетные компьютеры, ноутбуки и др), которым необходимо обеспечивать электропитание. В настоящий момент наибольшее распространение для этих целей нашли литий-ионные аккумуляторы. Однако требование их постоянной подзарядки и нанесение высокого урона экологии как на этапе производства, так и на этапе утилизации, требует разработки и внедрения новых батарей, основанных на перспективных технологиях, обеспечивающих самозаряд. В статье проведен обзор таких технологий, способных генерировать электрическую энергию из окружающей среды.

Ключевые слова: электропитание, элемент Пельтье, суперконденсатор, графен, самозаряд

N.E. Ustinov, V.I. Karasev, M.E. Skorobogatov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

MODERN SOURCES OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY

Abstract. In the modern world, electronic mobile devices of various form factors and purposes (phones, tablet computers, laptops, etc.), which need to provide power supply, have found widespread use both for work activities and for entertainment. At the moment, lithium-ion batteries are the most widely used for these purposes. However, the requirement of their constant recharging and causing high environmental damage both at the production stage and at the disposal stage requires the development and implementation of new batteries based on promising technologies that ensure self-charging. The article provides an overview of such technologies capable of generating electrical energy from the environment.

Keywords: power supply, Peltier element, supercapacitor, graphene, self-charging

Введение.

Современные электронные устройства в общем случае достаточно требовательны к наличию электропитанию, поэтому получение экологически чистой энергии из окружающей среды играет жизненно важную роль в разработке носимой и портативной электроники [1-4]. Большие человеческие и финансовые ресурсы были направлены на разработку различных типов генераторов с помощью термоэлектрических и фотоэлектрических эффектов. Такие устройства могут собирать, а затем преобразовывать окружающую чистую энергию в легко применимую электроэнергию без вредных загрязняющих веществ и выбросов.

Данная статья представляет собой краткий технологический обзор современных автономных источников электропитания.

Элемент Пельтье.

Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь, состоящий из двух последовательно соединенных полупроводниковых материалов с разными типами проводимости. Он был открыт в 1834 году французским физиком Жаном Пельтье и получил название в его честь.

Элемент Пельтье работает на основе одноименного эффекта, который заключается в выделении или поглощении тепла при прохождении электрического тока через контакт двух разных полупроводников. Этот эффект можно использовать для охлаждения или нагрева объектов, а также для создания различных устройств, таких как термоэлектрические генераторы или системы охлаждения для компьютеров.

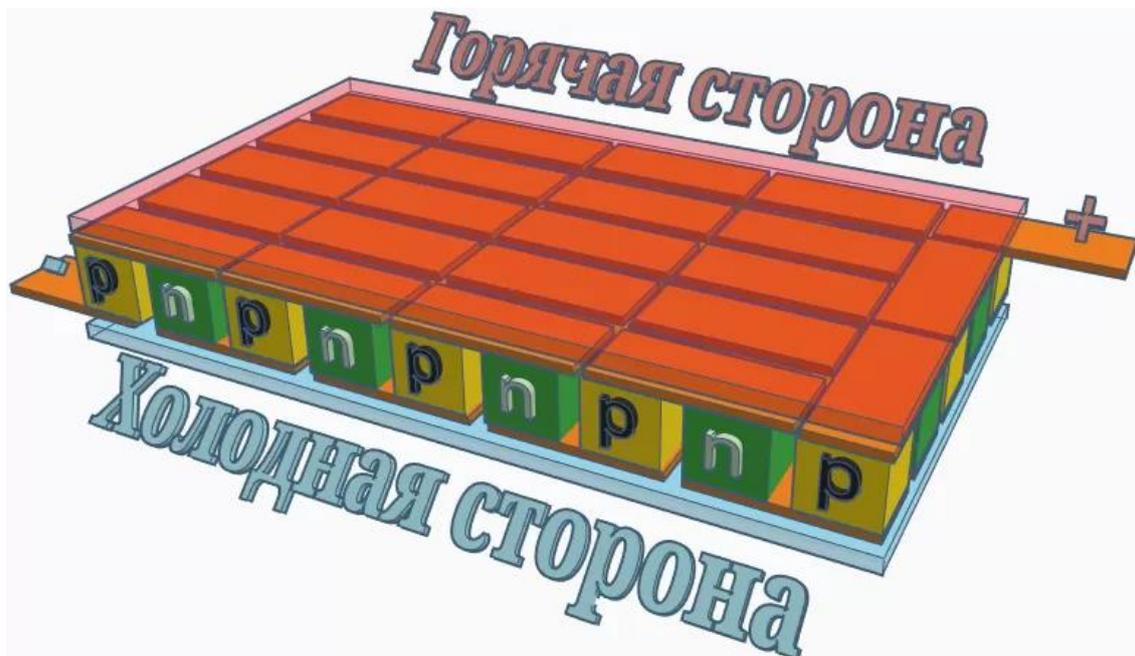


Рис. 1. Устройство элемента Пельтье

Элементы Пельтье обычно используются в небольших устройствах, где требуется быстрый нагрев или охлаждение, например, в термоэлектрических генераторах, системах охлаждения и зарядки электронных устройств, термостабилизации оптических систем и т.д [5, 6]. Они также могут использоваться для создания компактных систем охлаждения для процессоров в компьютерах и других электронных устройствах.

Современные элементы Пельтье способны генерировать ток, величиной 225мА при разнице температур между холодной и горячей стороной 20°C.

Самозаряжающаяся батарея, которая хранит и вырабатывает энергию.

Самозаряжающаяся батарея – это устройство, способное хранить и генерировать энергию без постоянного подключения к внешнему источнику питания. Такие батареи используют инновационные технологии, такие как термоэлектрические материалы или кинетические механизмы, чтобы преобразовывать окружающую энергию, например, тепло или движение, в электрическую энергию. Это делает их идеальным решением для устройств, требующих долгосрочного источника питания в условиях, где трудно или невозможно регулярно менять батарейки или подключать устройство к сети. Такие батареи могут применяться в различных областях, от носимой электроники до беспилотных аппаратов и сенсорных систем, обеспечивая надежный источник энергии в отсутствие постоянного внешнего питания [7-10]. Такие технологии часто называются "самозаряжаемыми батареями" или "автономными источниками энергии".

К нижней части обуви прикрепляется литий-ионная батарея монетного размера. Батарея представляет собой «пирог» из поливинилиденфторидной и цирконат-титанатосвинцовой плёнок толщиной в несколько сот микрометров. При нажатии на неё ионы лития мигрируют от катода к аноду в силу пьезоэлектрического эффекта. Чтобы повысить эффективность прототипа, исследователи добавили в его пьезоэлектрический материал наночастицы, усиливающие соответствующий эффект, и добились серьёзного увеличения ёмкости и скорости подзарядки устройства. При ходьбе генерируется достаточно сжатой энергии, чтобы обеспечить разность потенциалов на сепараторе. Такие батареи могут иметь ёмкость до 0,010 мА•ч.

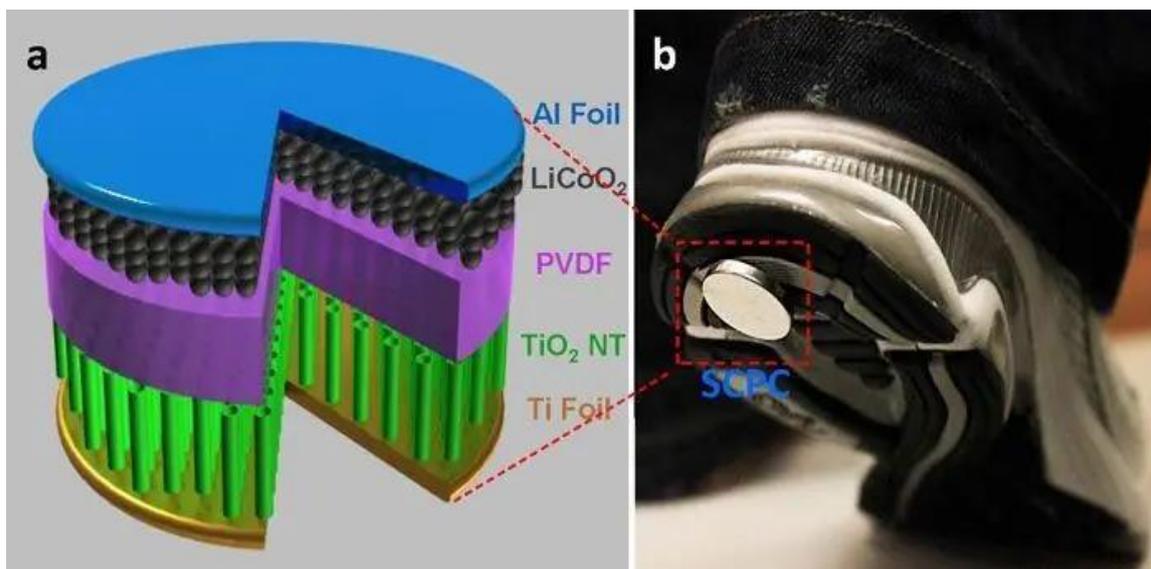


Рис. 2. Самозаряжающаяся литий-ионная батарея монетного размера

Электровелосипеды Pi-Pop.

Благодаря своей конструкции электровелосипеды от Pi-POP не требуются заряжать от розетки, так как они оснащены суперконденсатором из относительно легкоперерабатываемых алюминия, целлюлозы и полимеров, и заряжается от кручения педалей при движении, спуске и торможении. Срок службы суперконденсатора — 10-15 лет, то есть гораздо выше аккумулятора, а электродвигатель велосипеда имеет мощность 250 Ватт и помогает при езде со скоростью до 25 км/ч.

Самозаряжающийся от влаги из воздуха аккумулятор на графене.

Получение энергии из влаги окружающей среды вызывает растущий интерес к непосредственному питанию электронных устройств. Однако по-прежнему сложно изготовить высокопроизводительные влагеэлектрические генераторы (ВЭГ) с высокой и стабильной электрической мощностью. Одним из перспективных направлений развития ВЭГ является применение модификации кислородных групп оксида графена с использованием обработки соляной кислотой, которая повышает электрическую мощность на основе структуры устройства из ВЭГ оксида графена/поливинилового спирта. Полученный ВЭГ обеспечивает стабильное напряжение 0,85 В и ток 9,28 мкА, что является одним из самых высоких значений, о которых сообщалось до сих пор. Кроме того, электрическая мощность еще больше увеличивается за счет сборки четырех блоков ВЭГ последовательно или параллельно. Более того, ВЭГ демонстрирует большой коммерческий потенциал для гибких и носимых приложений. Благодаря этим достижениям собранные ВЭГ могут успешно питать датчики и иные маломощные устройства [11-14].

Гибкие автономные энергетические системы.

Гибкая самозарядная энергетическая система на основе текстиля из гибрида цинка с ионами (ZINC) и трибоэлектрических наногенераторов (TENG), позволяет быстро собирать и одновременно хранить энергию движений человека для портативной электроники (рис. 3). Изготовленные гибкие самозаряжающиеся элементы поддерживают масштабируемость, настраиваемую адаптируемость, механическую стабильность, способны генерировать уровень напряжения 2,0 В и высокое значение поверхностной емкости, достигающее значения 267,1 мФ/см². Гибкие самозаряжающиеся элементы изготавливаются методом центрифугирования и достигает максимальной мгновенной мощности 18,5 мВт/см² [15]. Система с автономным питанием от таких источников может стабильно заряжать таймеры и электронные часы в течение длительного времени простым постукиванием руки, что доказывает, что системы

питания с самозарядкой имеют большой потенциал для применения в портативных электронных устройствах.

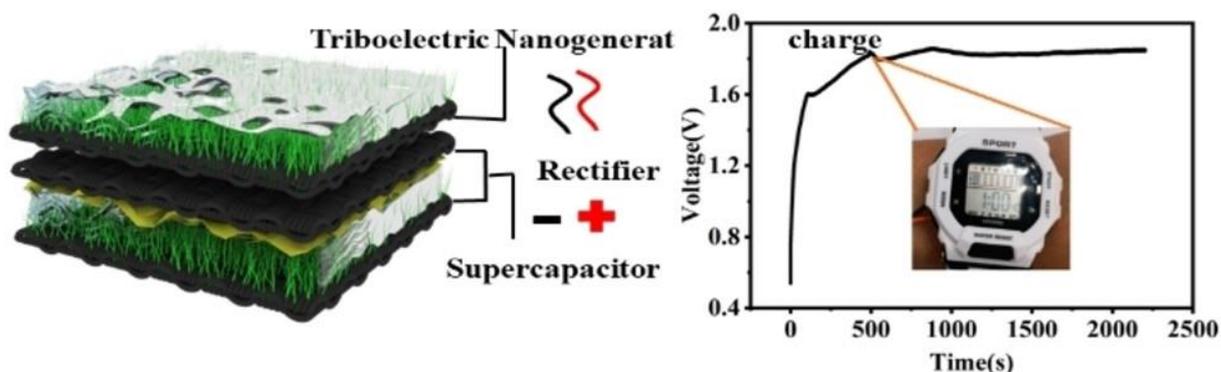


Рис. 3. Гибкий автономный энергетический аккумулятор

Сегнетоэлектрический стеклянный электролит в гальванической ячейке для создания простых самозаряжающихся батарей.

Сегнетоэлектрические материалы обладают способностью генерировать электрический заряд при изменении механического напряжения или давления на них. Такие материалы могут быть использованы в гальванических ячейках для создания самозаряжающихся батарей. Если сегнетоэлектрический стеклянный электролит помещен в гальваническую ячейку в сочетании с другими материалами, способными проводить электричество, его механическое деформирование (например, от давления или вибрации) может привести к генерации электрического заряда [16].



Рис. 4. Тонкоплёночный сегнетоэлектрический конденсатор

Такой механизм может быть использован для создания самозаряжающихся батарей, которые могут конвертировать механическую энергию, например, от колебаний или движения, в электрическую энергию и заряжать себя. Эта технология представляет интерес с точки зрения возможности использования окружающей среды для постоянного источника энергии.

Заключение.

Как правило, к переносным устройствам, требующим подзарядки, относятся мобильные телефоны. Телефон может использоваться во многих целях, однако если брать рабочую деятельность большое количество людей (до 32%) используют телефон в профессиональных интересах, что подтверждает необходимость своевременной подзарядки аккумулятора. Наиболее перспективным способом решения этой задачи является использование автономных аккумуляторов. Среди основных преимуществ их использования можно выделить следующие:

- 1) высокая экологичность, так как снижаются затраты на утилизацию, выработка энергии происходит в бестопливном режиме;
- 2) низкая себестоимость батареи;
- 3) небольшие размеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Светодиодные самозаряжающиеся фонари / В. Волков, В. Карпов, П. Гиндин, С. Кузнецов // Полупроводниковая светотехника. – 2020. – № 4(66). – С. 48-57. – EDN PMOIDW.
2. Шерьязов, С. К. Автономное питание электроприемников в системе солнечного теплоснабжения / С. К. Шерьязов, А. С. Чигак // Достижения науки - агропромышленному производству : материалы LIV международной научно-технической конференции, Челябинск, 29–31 января 2015 года / Под редакцией П.Г. Свечникова. Том III. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2015. – С. 313-318. – EDN TZRIEB.
3. Белых, Е. А. Устройство контроля и управления огнями светофора на железнодорожной станции с применением микроконтроллеров / Е. А. Белых, М. Э. Скоробогатов // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2023. – № 1(17). – С. 11-17. – DOI 10.26731/2658-3704.2023.1(17).11-17. – EDN YLWMPV.
4. Зрюмова, А. Г. Автономный блок питания для передачи данных приборов учета горячей воды / А. Г. Зрюмова, В. С. Падалко, А. А. Тютюнник // Ползуновский альманах. – 2022. – № 4-1. – С. 59-61. – EDN RANCWD.
5. Методология рациональных технологий получения электреты материалов / Б. Н. Иванов, В. С. Желтухин, И. А. Гришанова [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 6. – С. 10-17. – DOI 10.24153/2079-5920-2017-7-6-10-17. – EDN VSNCVF.
6. Особенности зарядового состояния композитов полипропилен-оксида металлов / А. М. Магеррамов, М. А. Нуриев, Ф. И. Ахмедов [и др.] // Физика и химия обработки материалов. – 2013. – № 1. – С. 57-60. – EDN PUPHWZ.
7. Zhou C., Zhang J., Wang X. e. a. Review-Betavoltaic Cell: The Past, Present, and Future. ECS J. Solid State Sci. Technol., 2021, v.10.
8. Планарные темплаты на фоточувствительных нанокompозитных термопластических слоях / М. А. Заболотный, Д. О. Гринько, М. Ю. Барабаш [и др.] // Нанотехника. – 2012. – № 4(32). – С. 3-7. – EDN PLQCWN.
9. Комлев, А. Е. Релаксация электреты в аморфной пленке оксида тантала, осажденной на титан / А. Е. Комлев, И. М. Соколова, В. И. Шаповалов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2005. – № 15. – С. 52-58. – EDN THJBVR.
10. Renbo Zhu, Yanzhe Zhu, Fandi Chen, Robert Patterson, Yingze Zhou, Tao Wan, Long Hu, Tom Wu, Rakesh Joshi, Mengyao Li, Claudio Cazorla, Yuerui Lu, Zhaojun Han, Dewei Chu. Boosting moisture induced electricity generation from graphene oxide through engineering oxygen-based functional groups. Nano Energy, vol. 94, April 2022.
11. Sugurbekova, G. K. The synthesis and physico-chemical characterization of graphene oxide and reduced graphene oxide / G. K. Sugurbekova // Механика и технологии. – 2023. – No. 1(79). – P. 191-197. – DOI 10.55956/ROYK6725. – EDN GFIPYQ.
12. Куркина, И. И. Исследование структурных, электрических и оптических свойств фторированного графена и структур графен/фторированный графен/кремний / И. И. Куркина // Новые материалы и технологии в условиях Арктики : Мат-лы V Междунар. конф. с элементами научной школы, Якутск, 14–18 июня 2022 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. – С. 43-44. – EDN WTHXRQ.
13. Ткачев, С. В. Высококонтрированные дисперсии оксида графена и графена в различных растворителях / С. В. Ткачев, Д. Ю. Корнилов, С. П. Губин // VI Всерос. конф. по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи : Сб. мат-лов. – М.: ФГБУ науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН), 2016. – С. 157-159. – EDN XHEUAZ.
14. Получение, функционализация и комплексное исследование графена и родственных структур / А. М. Ильин, Н. Р. Гусейнов, И. А. Цыганов [и др.] // Вестник Казахского национального университета. Серия физическая. – 2012. – № 3(42). – С. 26-30. – EDN NIBWAS.
15. Zhenfu Zhu, Xiaoyuan Liang, Haoyu Luo, Liying Wang, Yang Gao, Xuesong Li, Dr. Xijia Yang, Dr. Wei Lü. Flexible Self-Powered Energy Systems Based on H₂O/Ni²⁺ Intercalated

16. Юсин, С. И. Синтез электрофорезом композиционных материалов на основе углеродных волокон и оксидов/гидроксидов переходных металлов для суперконденсаторов / С. И. Юсин // Химические технологии функциональных материалов : мат-лы Междунар. Российско-казахстанской школы-конференции студентов и молодых ученых. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2015. – С. 217-219. – EDN TWZFJT.

REFERENCES

1. LED self-charging flashlights / V. Volkov, V. Karpov, P. Gindin, S. Kuznetsov // Semiconductor lighting technology. – 2020. – No. 4(66). – pp. 48-57. – EDN PMOIDW.
2. Sheryazov, S. K. Autonomous power supply of electrical receivers in the solar heating system / S. K. Sheryazov, A. S. Chigak // Achievements of science - agro-industrial production: materials of the LIV international scientific and technical conference, Chelyabinsk, January 29–31, 2015 of the year / Edited by P.G. Svechnikov. Volume III. – Chelyabinsk: Chelyabinsk State Agroengineering Academy, 2015. – P. 313-318. – EDN TZRIEB.
3. Belykh, E. A. Device for monitoring and controlling traffic lights at a railway station using microcontrollers / E. A. Belykh, M. E. Skorobogatov // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. – 2023. – No. 1(17). – pp. 11-17. – DOI 10.26731/2658-3704.2023.1(17).11-17. – EDN YLWMPV.
4. Zryumova, A. G. Autonomous power supply for transmitting data from hot water metering devices / A. G. Zryumova, V. S. Padalko, A. A. Tyutyunnik // Polzunovsky almanac. – 2022. – No. 4-1. – pp. 59-61. – EDN RANCWD.
5. Methodology of rational technologies for producing electret materials / B. N. Ivanov, V. S. Zheltukhin, I. A. Grishanova [etc.] // Scientific and technical bulletin of the Volga region. – 2017. – No. 6. – P. 10-17. – DOI 10.24153/2079-5920-2017-7-6-10-17. – EDN VSNCVF.
6. Features of the charge state of polypropylene-metal oxide composites / A. M. Magerramov, M. A. Nuriev, F. I. Akhmedov [et al.] // Physics and chemistry of materials processing. – 2013. – No. 1. – P. 57-60. – EDN PUPHWZ.
7. Zhou C., Zhang J., Wang X. e. a. Review-Betavoltaic Cell: The Past, Present, and Future. ECS J. Solid State Sci. Technol., 2021, v.10.
8. Planar templates on photosensitive nanocomposite thermoplastic layers / M. A. Zabolotny, D. O. Grinko, M. Yu. Barabash [et al.] // Nanotekhnika. – 2012. – No. 4(32). – P. 3-7. – EDN PLQCWN.
9. Komlev, A. E. Relaxation of the electret state in an amorphous tantalum oxide film deposited on titanium / A. E. Komlev, I. M. Sokolova, V. I. Shapovalov // Proceedings of St. Petersburg State Electrotechnical University LETI. – 2005. – No. 15. – P. 52-58. – EDN THJBVR.
10. Renbo Zhu, Yanzhe Zhu, Fandi Chen, Robert Patterson, Yingze Zhou, Tao Wan, Long Hu, Tom Wu, Rakesh Joshi, Mengyao Li, Claudio Cazorla, Yuerui Lu, Zhaojun Han, Dewei Chu. Boosting moisture induced electricity generation from graphene oxide through engineering oxygen-based functional groups. Nano Energy, vol. 94, April 2022.
11. Sugurbekova, G. K. The synthesis and physico-chemical characterization of graphene oxide and reduced graphene oxide / G. K. Sugurbekova // Mechanics and technology. – 2023. – No. 1(79). – P. 191-197. – DOI 10.55956/ROYK6725. – EDN GFIPYQ.
12. Kurkina, I. I. Study of the structural, electrical and optical properties of fluorinated graphene and graphene/fluorinated graphene/silicon structures / I. I. Kurkina // New materials and technologies in the Arctic: Materials of the V Intern. conf. with elements of a scientific school, Yakutsk, June 14–18, 2022. – Yakutsk: North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, 2022. – pp. 43-44. – EDN WTHXRQ.
13. Tkachev, S. V. Highly concentrated dispersions of graphene oxide and graphene in various solvents / S. V. Tkachev, D. Yu. Kornilov, S. P. Gubin // VI All-Russian. conf. on nanomaterials with elements of a scientific school for youth: Sat. mat-lov. – M.: Federal State Budgetary Institution of

Science Institute of Metallurgy and Materials Science named after. A.A. Baikov RAS (IMET RAS), 2016. – pp. 157-159. – EDN XHEUAZ.

14. Preparation, functionalization and comprehensive study of graphene and related structures / A. M. Ilyin, N. R. Guseinov, I. A. Tsyganov [etc.] // Bulletin of the Kazakh National University. Series physical. – 2012. – No. 3(42). – P. 26-30. – EDN NIBWAS.

15. Zhenfu Zhu, Xiaoyuan Liang, Haoyu Luo, Liying Wang, Yang Gao, Xuesong Li, Dr. Xijia Yang, Dr. Wei Lu. Flexible Self-Powered Energy Systems Based on H₂O/Ni²⁺ Intercalated NixV₂O₅ · nH₂O. Chemistry – A European Journal Volume 29, Issue 52. <https://doi.org/10.1002/chem.202301583>

16. Yusin, S. I. Synthesis by electrophoresis of composite materials based on carbon fibers and transition metal oxides/hydroxides for supercapacitors / S. I. Yusin // Chemical technologies of functional materials: materials of the International. Russian-Kazakh school-conference of students and young scientists. – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2015. – P. 217-219. – EDN TWZFJT.

Информация об авторах

Устинов Никита Евгеньевич – студент группы ЭЖД.1-20-3, факультет «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: nikita_20022015@bk.ru;

Карасев Виталий Игоревич – студент группы ЭЖД.1-20-3, факультет «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: vitaliy.karasev.02@mail.ru;

Скоробогатов Максим Эдуардович – к. т. н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Skor_maxim@mail.ru

Authors

Ustinov Nikita Evgenievich – student of the group EZD.1-20-3, Department of Transport management and information technology, Irkutsk State Transport University, Irkutsk Irkutsk, e-mail: nikita_20022015@bk.ru;

Karasev Vitaly Igorevich – student of the group EZD.1-20-3, Department of Transport management and information technology, Irkutsk State Transport University, Irkutsk Irkutsk, e-mail: vitaliy.karasev.02@mail.ru;

Skorobogatov Maxim Eduardovich – candidate of technical sciences, associate professor, the subdepartment of Automation, telemechanics and communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Skor_maxim@mail.ru.