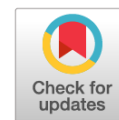


DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-108564>

Оригинальное исследование



Перезаряжаемые системы хранения электрической энергии для транспортных средств категории L

И.П. Дегтярев, Р.Х. Курмаев

Государственный научный центр Российской Федерации «НАМИ», Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Мир высоких технологий и техники по законам природы не может находиться на одном месте, поэтому помимо традиционного автомобильного транспорта появились электромобили, электромотоциклы и другие транспортные средства с электрическими источниками питания. Ввиду создания электрических транспортных средств категории L, появляется необходимость в разработке и производстве перезаряжаемых систем хранения электроэнергии (ПСХЭ). Системы хранения электроэнергии по своей конструкции должны обеспечивать ряд требований, выдвигаемых к электрическим транспортным средствам категории L. Перезаряжаемая система хранения электроэнергии в составе электрического транспортного средства должна обеспечивать максимальный запас хода (высокую энергоемкость) и иметь достаточную прочность для обеспечения безопасности транспортного средства категории L. Для выполнения указанных требований одной из основных проблем является снижение массы каркаса ПСХЭ за счет применения легкосплавных материалов.

Целью исследования является повышение энергоэффективности 2-х колесного транспортного средства с электроприводом за счет разработки ПСХЭ, учитывающей массово-габаритные показатели.

Методы и средства. Применяется один из методов моделирования силовых элементов каркаса с одинаковой геометрической схемой, но с применением различных материалов (цветных сплавов). Происходит теоретическая симуляция нагрузок на силовые элементы каркаса и сравнение деталей, изготовленных из различных материалов.

Результаты. Проблема снижения массы ПСХЭ является одной из задач повышения эффективности электрических транспортных (ЭТС) средств категории L. Помимо увеличения запаса хода, снижение массы и инерционных показателей силовой части ПСХЭ ведет к улучшению маневренности и управляемости ЭТС. Стоит отметить, что и расположение перезаряжаемых систем хранения электроэнергии на электромотоцикле положительно влияет на энергоэффективность за счет снижения центра тяжести, что в свою очередь отражается на управлении электрическим транспортным средством категории L и его аэродинамике.

Выводы. Основной задачей, на сегодняшний день, при создании ПСХЭ для электрических транспортных средств (в том числе, и электромотоциклов) является снижение ее массы. Одним из направлений по ее решению является использование вариативных сплавов в конструкции каркаса ПСХЭ. В настоящей статье предложен способ расчета конструкции каркаса перезаряжаемой системы хранения электроэнергии, позволяющий оптимизировать материал и геометрию деталей, что позволяет снизить массово-габаритные показатели на 20%. Следующим этапом исследования будет изготовление опытного образца и практические испытания ПСХЭ для подтверждения теоретических расчетов.

Ключевые слова: энергоэффективность; электромотоцикл; каркас; запас хода; емкость; перезаряжаемая система хранения электроэнергии.

Для цитирования:

Дегтярев И.П., Курмаев Р.Х. Перезаряжаемые системы хранения электрической энергии для транспортных средств категории L // Известия МГТУ «МАМИ». 2022. Том 16, № 4. С. 357–363. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-108564>

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-108564>

Original study article

The rechargeable systems of electric energy storage for the category L vehicles

Ivan P. Degtyarev, Rinat H. Kurmaev

State Scientific Center of the Russian Federation "NAMI", Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The high-tech world cannot be stable essentially, therefore there are electric automobiles, electric motorcycles and other vehicles with the electric energy source alongside conventional vehicles. Due to the development of category L electric vehicles, development and manufacturing of rechargeable systems of electric energy storage (RSEES) is demanded. The design of the system of electric energy storage must meet a number of requirements given to category L electric vehicles. The system of electric energy storage as part of an electric vehicle should ensure the maximal drive range (high energy capacity) and have enough strength of ensuring the safety of a category L vehicle. One of the issues of meeting the given requirements is reducing the mass of the RSEES frame using light-alloy materials.

AIMS: Increase of energy efficiency of the two-wheeled vehicle with an electric drive based on development of the RSEES considering mass and dimensional properties.

METHODS: One of the methods of modelling the structural elements of a frame with similar geometrical layout but using various materials (nonferrous materials) is used. The theoretical simulation of loading at these structural elements and comparison of components with various materials are performed.

RESULTS: The issue of reducing the mass of the RSEES is one of the problems of improvement the category L electric vehicles (EV) efficiency. Apart from increase of drive range, reducing the mass and inertial properties of the RSEES frame leads to improvement of maneuvering ability and handling of an EV. It is worth noting that the location of the rechargeable systems of electric energy storage inside an electric motorcycle positively affects energy efficiency because of lowering the center of mass, which consequently reflects on aerodynamics and driving of category L electric vehicle.

CONCLUSIONS: The main current issue of development of the RSEES for electric vehicles including electric motorcycles is reducing its mass. One of the ways of achieving it is using variable alloys in the RSEES frame design. The method of calculation of the design of the frame of the rechargeable system of electric energy storage which allows optimal choosing of material and component geometry, that makes possible to reduce mass and dimensional properties by 20%, is shown in the article. The next stage is manufacturing of a prototype and practical testing of the PSEES for confirmation of the theoretical calculations.

Keywords: energy efficiency; electric motorcycle; frame; drive range; capacity; rechargeable system of electric energy storage.

Cite as:

Degtyarev IP, Kurmaev RH. The rechargeable systems of electric energy storage for the category L vehicles. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2022;16(4):357–363. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-108564>

Received: 06.06.2022

Accepted: 21.10.2022

Published: 15.12.2022

ВВЕДЕНИЕ

Создание мототехники в настоящее время наряду с автомобилестроением не стоит на месте.

В современном мире необходимо учитывать огромное количество аспектов при создании мототехники. Одним из критериев при создании 2-х колесного транспортного средства является решение экологической проблемы. Мотоцикл с электроприводом позволяет удовлетворить решить эту проблему. Однако, при проектировании электромотоцикла на первый план выходят вопросы, связанные с обеспечением соотношения между высокими показателями запаса хода и низкими значениями массово-габаритных показателей перезаряжаемой системы хранения электроэнергии (ПСХЭ). ПСХЭ, являющейся одной из главной и массивной части в составе электромотоцикла, уделяется большое внимание при проектировании и расчете основных энергетических и инерционных показателей транспортного средства категории L.

Целью исследования является повышение энергоэффективности 2-х колесного транспортного средства с электроприводом за счет разработки ПСХЭ, учитывающей массово-габаритные показатели.

КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕЗАРЯЖАЕМЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМОТОЦИКЛОВ. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Основной проблемой электромобилей и электромотоциклов является увеличенная масса транспортного средства по сравнению с традиционными. Большое влияние на массовые характеристики оказывает ПСХЭ

(конструкция каркаса и внутренние компоненты), которая является источником энергии для движения мотоцикла. Избыточная масса приводит к уменьшению запаса хода, ухудшению характеристик управления и устойчивости транспортного средства.

Несмотря на то, что количество электромобилей на мировом рынке резко возросло, массовое производство систем хранения электрической энергии и электродвигателей остается самой большой проблемой. Производителей, поставляющих ПСХЭ, относительно мало по сравнению с высоким спросом на электромобильные продукты. Таким образом, перезаряжаемая система хранения электроэнергии по-прежнему остается самым дорогим компонентом электромобиля и электромотоцикла. В среднем ПСХЭ составляет около 40% от общей стоимости производства электромобилей. Эта проблема оказывается серьезной для конкуренции электромотоциклов с обычными транспортными средствами категории L, работающими на двигателе внутреннего сгорания (ДВС) [1].

Различные категории электрических транспортных средств и варианты конечного их использования имеют разные потребности в энергии и характеристики зарядки. Разработка ПСХЭ происходит в соответствии с категориями транспортных средств, то есть городскими, региональными и дальнемагистральными грузовиками и автобусами, электромобилями и электромотоциклами. Как правило, чем дольше требуется независимая и непрерывная работа ЭТС без подзарядки, тем большей должна быть емкость ПСХЭ. Большое влияние на производство тяговых аккумуляторных батарей оказывают технические требования транспортных средств, такие как – запас хода (энергоэффективность), управляемость, устойчивость на дороге, маневренность и безопасность [2].

На рис. 1 представлены основные конструкции электромотоциклов с различными ПСХЭ и кратким описанием их технических характеристик.



Lito Sora Generation Two (Канада)

Технические характеристики:
Мощность: 80 кВт
Емкость батареи: 18 кВтч
Максимальная скорость движения: 193 км/ч
Запас хода: 290 км
Масса: 250 кг



Evoke Urban S (Китай)

Технические характеристики:
Мощность: 18 кВт
Емкость батареи: 9 кВтч
Максимальная скорость движения: 130 км/ч
Запас хода: 200 км
Масса: 180 кг



Volt lacama (Италия)

Технические характеристики:
Мощность: 69 кВт
Емкость батареи: 15 кВтч
Максимальная скорость движения: 180 км/ч
Запас хода: 200 км
Масса: 245 кг



Aurus Merlon (Россия)

Технические характеристики:
Мощность: 140 кВт
Емкость батареи: 22 кВтч
Максимальная скорость движения: 250 км/ч
Запас хода: 200 км
Масса: 350 кг

Рис. 1. Электромотоциклы с техническими характеристиками.
Fig. 1. Electric motorcycles and their technical properties.

Основная задача, которая ставится перед разработчиками и конструкторами при проектировании ПСХЭ, заключается в сочетании нахождения баланса между уменьшением массы перезаряжаемой системы хранения электроэнергии и увеличением ее емкости для увеличения запаса хода ЭТС.

Для нахождения правильного подхода в проектировании ПСХЭ попробуем разобраться в особенностях их конструкции.

Типовая ПСХЭ состоит из двух основных частей:

1. электрическая часть (аккумуляторные модули рис. 2, коммутационная часть);
2. механическая часть (силовой каркас, теплообменники).

На емкость ПСХЭ (и, как следствие, на запас хода) влияют характеристики аккумуляторных ячеек (их количество в модулях, тип, химический состав, физические свойства) [4]. Проблема проектирования ПСХЭ заключается в том, что сейчас перед разработчиками стоит задача по поиску компромисса между увеличением емкости ПСХЭ и, в тоже время, снижением ее массы. Различные категории ЭТС и варианты конечного их использования имеют разные потребности в электроэнергии и характеристиках зарядки ПСХЭ. Как правило, чем дольше требуется независимая и непрерывная работа без подзарядки, тем большей должна быть емкость ПСХЭ с точки зрения производства.

В настоящее время доступны и готовы к продаже различные по химическому составу и конструкции ячейки ПСХЭ для электромобилей. В основном разрабатываются

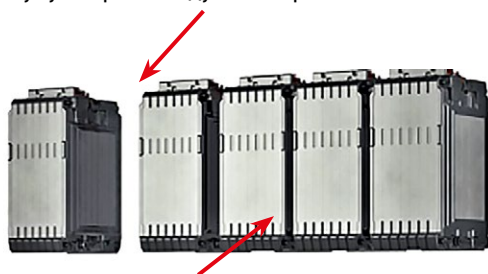
и применяются литий-ионные аккумуляторы с различным химическим составом для легких транспортных средств и электромотоциклов.

Помимо химического состава аккумуляторной ячейки важно обратить внимание на ее геометрическую форму, которая в дальнейшем влияет на конструкцию и габариты ПСХЭ в целом. В настоящее время существует несколько форм ячеек:

- пакетные (рис. 2), наиболее распространенные, ввиду простоты процесса сборки модуля;
- пальчиковые (рис. 3), характеризующиеся наиболее трудоемким процессом сборки модулей.

Технология аккумуляторной батареи должна подбираться в соответствии с ее применением в транспортном средстве, поскольку это влияет на выбор решения для ее зарядки. Электрические транспортные средства, требующие очень быстрой зарядки, должны иметь соответствующие аккумуляторные ячейки и системы управления, подходящие для этой цели. Например, никель–марганцево–кобальтовые ячейки (NMC) подходят для использования в ПСХЭ с возможностью быстрой подзарядки. Другой технологией на рынке, особенно часто используемой для ПСХЭ большой емкости, является фосфат железа лития (LFP), который также обладает большей степенью безопасности, чем NMC. Наряду с увеличением емкости разработка новых ПСХЭ продвигается в направлении улучшения жизненного цикла ПСХЭ, а также масштабируемых, модульных и легких конструкций, что благоприятно влияет на массовое и габаритные

Аккумуляторный модуль в сборе



Аккумуляторная ячейка в модуле (напряжение в среднем 4 В)

Рис. 2. Аккумуляторный модуль, состоящий из аккумуляторных ячеек [3].

Fig. 2. The battery module consisting of battery cells [3].

Кронштейн аккумуляторных модулей



Рис. 3. Пальчиковый аккумуляторный элемент [5].

Fig. 3. The finger-type battery element [5].

Силовой каркас батареи

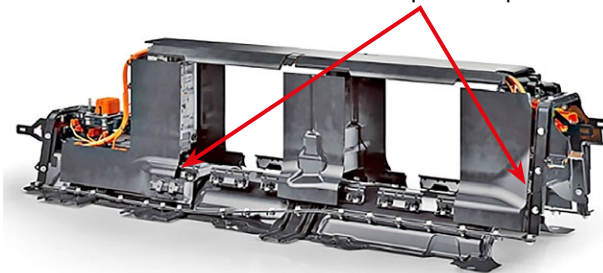


Рис. 4. Силовой каркас ТАБ [3].

Fig. 4. The frame of the traction battery [3].

показатели электрических транспортных средств категории L. В настоящее время, следует отметить, быстрое ежегодное снижение затрат на ПСХЭ в сочетании с улучшением их производительности, что в значительной степени объясняет существенно улучшившееся восприятие рынком этих продуктов и товаров [6,7].

Помимо электрической части, в конструкции перезаряжаемой системы хранения электроэнергии применяются механические элементы, которые обеспечивают жесткость, герметичность конструкции, охлаждают и нагревают энергетические элементы, которые в свою очередь обладают значительной массой и напрямую влияют на запас хода, маневренность и управляемость электрического транспортного средства [8,9].

Основными механическими элементами ПСХЭ являются: силовой каркас (рис.4), который обеспечивает защиту, сборку, герметичность аккумуляторным ячейкам и система термостатирования, которая обеспечивает отвод теплоты от ячеек в процессе работы.

Основная проблема при разработке механической части каркаса, на сегодняшний день, заключается в снижении веса сборочного узла при сохранении достаточной прочности силовой конструкции и ее безопасности.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

Как отмечалось ранее, лишний вес каркаса негативно влияет на энергоэффективность (запас хода) транспортного средства, его маневренность и управляемость.

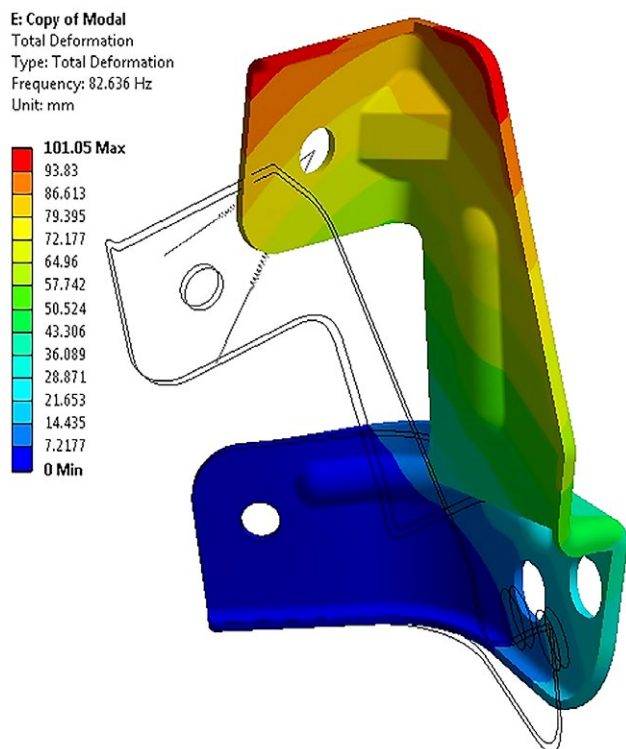


Рис. 5. Симуляция стальной детали на вибропрочность.
Fig. 5. The vibrational strength simulation of a steel component.

С целью решения задачи по снижению массово-габаритных показателей ПСХЭ применяется один из методов моделирования силовых элементов с одинаковой геометрической схемой, но с применением различных материалов (цветных сплавов) [10]. Производится теоретическая симуляция нагрузок на указанные силовые элементы и сравнение проектируемых деталей, изготовленных из различных материалов (рис.5). Это позволяет оценить запас по прочности детали, оптимизировать массу конструкции и выбрать необходимый материал для ее изготовления.

Для выбора геометрии деталей и их материала производится несколько типов теоретических расчетов в следующей последовательности (отличительная особенность данного подхода в том, что при условии выполнения основных симуляций, представленных ниже, не требуются дополнительные прочностные и нагрузочные расчеты):

1. Составление топологической схемы:
 - a. задаются необходимые габариты конструкции, и точки крепления. Как правило, создается параллелепипед, как исходная модель;
 - b. исходя из условий работы узла, прикладывается внешнее воздействие, под которое оптимизируется конструкция;
 - c. получение структурной картины детали или сборочной единицы, по которой происходит выбор сечения детали и ее ребер жесткости.
2. Расчет жесткости конструкции. Полученная из топологического анализа, конструкция оценивается в системе окружающих деталей. Конструкция неподвижно закрепляется в точках ее крепления и прикладывается угол на скручивание в 1° . Задается материал с его плотностью. Далее, измеряется крутящий момент ($M_{кр}$) в местах заделки. Исходя из измерений этого параметра, делается вывод для дальнейшего усиления, облегчения конструкции или изменения материала с более высоким или более низким коэффициентом текучести от.
3. Расчет на вибростойкость конструкции состоит из:
 - a. модального анализа. Определяются собственные частоты конструкции. В большинстве случаев они находятся в диапазоне от 1 до 200 Гц. Из модального анализа через оценку энергии деформаций в различных зонах определяется наиболее нагруженная область
 - b. гармонического анализа. Так как в модальном анализе невозможно оценить уровень напряжений, проводится гармонический анализ. Конструкции задается конкретное перемещение 0,2 мм в диапазоне частот от 1 до 200 Гц и оценивается ее поведение (податливость к деформации).
4. По результатам расчетов происходят вариации материала деталей либо их геометрии.

5. При проектировании деталей перезаряжаемой системы хранения электроэнергии для электрических транспортных средств категории L особое внимание уделяется снижению массы при сохранении жесткости конструкции в целом. Для этого используются дюралюминиевые сплавы, композитные материалы, которые имеют предел текучести $\sigma_T = 400$ Мпа сопоставимый пределом текучести стали, но имеющие вес в 3–4 раза меньше, чем стальные детали.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день, основной задачей при создании ПСХЭ для электрических транспортных средств, в том числе и электромоторов, является снижение ее массы. Одним из направлений по реализации решения, указанной задачи, является использование вариативных сплавов в конструкции каркаса ПСХЭ. В статье продемонстрирован метод расчета конструкции каркаса перезаряжаемой системы хранения электроэнергии, позволяющий оптимальным образом выбрать материал и геометрию деталей, что позволяет снизить массово-габаритные показатели на 20%. Следующим этапом настоящего исследования будет изготовление опытного образца и практические испытания ПСХЭ для подтверждения теоретических расчетов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. *И.П. Дегтярев* — написание текста рукописи, поиск публикаций по теме статьи, редактирование текста рукописи, создание изображений;

ЛИТЕРАТУРА

1. Razelli E. Prospects for Lead-Acid Batteries in the New Millennium // *Journal of Power Sources*. Vol. 116, N 1–2, P. 2–3. doi: 10.1016/S0378-7753(02)00675-4
2. Anderman M. Brief Assessment of Improvements in EV Battery Technology since the BTAP June 2000 Report. Needham: Advanced Automotive Batteries, Режим доступа: <https://www.tech-insider.org/electric-vehicles/research/acrobat/030327-2.pdf> дата обращения: 05.06.2022.
3. Cherry C., Cervero R. Use Characteristics and Mode Choice Behavior of Electric Bike Users in China // *Transport Policy*. 2007. Vol. 14, N 3. P. 247–257. doi: 10.1016/j.tranpol.2007.02.005
4. Строганов В.И. Повышение эксплуатационных характеристик электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой : дис. ... д-р техн. наук. Москва, 2014. Режим доступа: http://d21221704.samgtu.ru/sites/d21221704.samgtu.ru/files/dissertaciya_stroganov_18.10.14.pdf дата обращения: 05.06.2022.
5. Оспанбеков Б.К. Повышение энергетической эффективности и эксплуатационных показателей электромобилей : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2017. Режим доступа: https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf?id_wm=770923 дата обращения: 05.06.2022.

Р.Х. Курмаев — экспертная оценка, утверждение финальной версии. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contribution. *I.P. Degtyarev* — search for publications, writing the text of the manuscript, editing the text of the manuscript, creating images; *R.H. Kurmaev* — expert opinion, approval of the final version. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work).

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

6. Feng L., Jiang Y., Chen S. Problem Analysis and Policy Options for Electric Bicycle Development. Strategy Study of Urban Transport Development in China. Beijing: Center for Sustainable Transportation, China Academy of Transportation Sciences, 2007.
7. Патент РФ № 2563576 / 20.09.2015 Бюл. № 26. Хамбитцер Г., Хайтбаум И., Борк М. и др. Батарейная установка высокой мощности и способ управления батарейной установкой высокой мощности. Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=f4b0cfdb6790fa15fc7993d8b8650fe4> дата обращения: 05.06.2022.
8. Патент РФ № 2589530 / 10.07.2016 Бюл. № 19. Сан Х.е Ш. Силовая установка электромобиля, электромобиль и способ обогрева аккумуляторной батареи электромобиля. Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=34c4a21238de7148541fc03021e8f7a3> дата обращения: 05.06.2022.
9. Патент РФ № 2570242 / 10.12.2015 Бюл. № 34. Венгер У., Колер Б.Р., Йенни Х.-Р. Электромобиль и зарядное устройство бортового аккумулятора для этого электромобиля. Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=c013f0ff0c9dd3f5d2d73806c45b0827> дата обращения: 05.06.2022.

REFERENCES

1. Razelli E. Prospects for Lead-Acid Batteries in the New Millennium. *Journal of Power Sources*. 2003;116(1–2):2–3. doi: 10.1016/S0378-7753(02)00675-4
2. Anderman M. *Brief Assessment of Improvements in EV Battery Technology since the BTAP June 2000 Report*. Needham: Advanced Automotive Batteries; 2003. Available from: <https://www.tech-insider.org/electric-vehicles/research/acrobat/030327-2.pdf> accessed: 05.06.2022.
3. Cherry C, Cervero R. Use Characteristics and Mode Choice Behavior of Electric Bike Users in China. *Transport Policy*. 2007;14(3):247–257. doi: 10.1016/j.tranpol.2007.02.005
4. Stroganov VI. Povyshenie ekspluatatsionnykh kharakteristik elektromobiley i avtomobiley s kombinirovannoy energoustanovkoy [dissertation] Moscow; 2014. Available from: http://d21221704.samgtu.ru/sites/d21221704.samgtu.ru/files/dissertaciya_stroganov_18.10.14.pdf accessed: 05.06.2022. (in Russ).
5. Ospanbekov BK. Povyshenie energeticheskoy effektivnosti i ekspluatatsionnykh pokazateley elektromobiley [dissertation] Moscow; 2017. Available from: https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf?id_wm=770923 accessed: 05.06.2022. (in Russ).
6. Feng L, Jiang Y, Chen S. Problem Analysis and Policy Options for Electric Bicycle Development. Strategy Study of Urban Transport Development in China. Beijing: Center for Sustainable Transportation, China Academy of Transportation Sciences; 2007.
7. Patent RUS № 2563576 / 20.09.2015 Byul. № 26. Khambittser G, Khaytbaum I, Bork M, et al. *Batareynaya ustanovka vysokoy moshchnosti i sposob upravleniya batareynoy ustanovkoy vy-sokoy moshchnosti*. Available from: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=f4b0cfd6b790fa15fc7993d8b8650fe4> accessed: 05.06.2022. (in Russ).
8. Patent RUS № 2589530 / 10.07.2016 Byul. № 19. U S, Van Kh, Se Sh. *Silovaya ustanovka elektromobilya, elektromobil i sposob obogreva akkumulyatornoy batarei elektromobilya*. Available from: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=34c4a21238de7148541fc03021e8f7a3> accessed: 05.06.2022. (in Russ).
9. Patent RUS № 2570242 / 10.12.2015 Byul. № 34. Venger U, Koler BR, Yenni Kh-R. *Elektromobil i zaryadnoe ustroystvo bortovogo akkumulyatora dlya etogo elektromobilya*. Available from: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=c013f0ff0c9dd3f5d2d73806c45b0827> accessed: 05.06.2022. (in Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Дегтярев Иван Петрович,**
ведущий инженер-конструктор центра «Информационные и интеллектуальные системы»;
адрес: Российская Федерация, 125438, Москва,
ул. Автомоторная, д. 2;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5378-6578>;
e-mail: Ivan.degtyarev@nami.ru

Курмаев Ринат Ханяфиевич,
доцент, канд. техн. наук,
директор научно-образовательного центра;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7064-0466>;
eLibrary SPIN: 6483-2444;
e-mail: rinat.kurmaev@nami.ru

*Автор, ответственный за переписку

AUTHORS' INFO

***Ivan P. Degtyarev,**
Chief Design Engineer of the Information and Intelligent Systems Center;
address: 2 Automotornaya street, 125438 Moscow,
Russian Federation;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5378-6578>;
e-mail: Ivan.degtyarev@nami.ru

Rinat H. Kurmaev,
Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
Director of the Research and Education Center;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7064-0466>;
eLibrary SPIN: 6483-2444;
e-mail: rinat.kurmaev@nami.ru

*Corresponding author