

DOI 10.15593/24111678/2020.01.10  
УДК 329.3.027.2

**Р.Ф. Шаихов, Н.М. Филькин**

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

## **РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА УНИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОТЕЛЕЖКИ**

Представлен эскизный проект унифицированной платформы напольного электротранспорта (УПНЭТ). На стадии эскизного проекта определены принципиальные конструктивные решения разрабатываемой модели транспортного средства. Вместо чертежа общего вида разработаны трехмерные геометрические модели, что является предпочтительным и возможным решением при современном развитии компьютерных систем и технологий. Для определения габаритных размеров УПНЭТ, типа ее компоновки и промежуточного анализа ее массы использованы предварительные габаритные и присоединительные размеры силового агрегата (электродвигателя), ведущего моста, рамы. По этим данным на трехмерных моделях указаны необходимые установочные размеры основных узлов и агрегатов относительно мостов автомобиля и рамы. Проведен предварительный анализ массы основных агрегатов и узлов, конечной целью которого является определение нагрузки на мосты. Особое внимание уделено удобному расположению водителя и органов управления. В данном случае в основном применяются заимствованные узлы и агрегаты, ранее разработанные для машин, выполняемых подобные работы, и соответствующие по техническим характеристикам режимам работы УПНЭТ, гарантийным срокам и условиям эксплуатации проектируемой УПНЭТ. Основная форма рамы УПНЭТ состоит из типовых профильных элементов (швеллер, двутавр, тавр, уголок и квадратная труба).

Жесткость и прочность конструкции усиливается за счет крепежных элементов подвески, а также дополнительной передней поперечной балки. Основная консоль крепления подвески обеспечивается за счет балок с профилем двутавр.

С целью снижения затрат на производство всех навесов изначально предлагается выполнить все формы без сложных изгибов. Представлено решение задачи определения размерности рабочего места водителя, которая включает и вопрос антропометрии и пропорционального отношения частей тела друг к другу, что очень важно в решении вопросов эксплуатации транспортного средства. Вид формы деталей и кузова, а также общая конструкция организуются на основании стандартов и эксплуатационных свойств автомобиля. Вопросы компоновки рассматриваются в соответствии с нормативными документами, в которых оговорены значения размеров, углов и др. Представлен общий вид рамы, расположения агрегатов, посадочного места водителя.

**Ключевые слова:** электротележка, эскизный проект, компоновочная схема, эргономика.

**R.F. Shaihov, N.M. Filkin**

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russian Federation

## **DEVELOPMENT OF A DRAFT DESIGN OF A UNIFIED ELECTRIC CART**

In the article a conceptual design of a unified platform for floor electric transport (UPFET) is presented. At the stage of preliminary design, the fundamental design decisions of the developed model of the vehicle are determined. Instead of a general drawing, three-dimensional geometric models have been developed, which is the preferable and possible solution at the modern level of computer systems and technologies. To determine the overall dimensions of the UPFET, the type of its layout and preliminary analysis of its mass, the preliminary overall and connecting dimensions of the power unit (electric motor), drive axle, and frame were used. According to these data, necessary installation dimensions of the main components and assemblies relative to the drive bridges and the frame were indicated on the three-dimensional models. A preliminary analysis of the mass of the main units and assemblies, the ultimate goal of which was to determine the load on the bridges, has been carried out. Particular attention was paid to the convenient location of the driver and controls. In this case, the borrowed units and assemblies, previously developed for machines that perform similar work, and corresponding in terms of technical characteristics to the operating modes of UPFET, warranty periods and operating conditions of the designed UPFET, are mainly used. The main form of the UPFET frame consists of typical profile elements such as channel, double tee, tee, corner and square pipe.

The rigidity and the durability of the structure is enhanced by the fasteners of the suspension, as well as by an additional front transverse beam. The main suspension bracket is provided by beams with double tee profile.

In order to reduce the cost of manufacturing, it is initially proposed to make all forms without complex bends. A solution of the problem of determining the dimension of the driver's workplace is presented, which includes the issue of anthropometry and the proportional ratio of body parts to each other, which is very important in solving issues of vehicle operation.

The shapes of the parts and the body, as well as the general design, are developed on the basis of the standards and performance properties of the vehicle. Layout issues are solved in accordance with regulatory documents that specify values for dimensions, angles, etc. A general view of the frame, location of the units and the driver's seat is provided.

**Keywords:** electric cart, draft design, layout diagram, ergonomics.

Настоящее исследование относится к разработке машин напольного безрельсового электрифицированного транспорта грузоподъемностью до 3000 кг с питанием от аккумуляторных батарей, которые предназначены для механизации подъемно-транспортных работ на производственных и складских площадях с твердым и ровным покрытием.

Для определения основных параметров и размеров машины, его эстетических и эргономических показателей требуется выполнение эскизного проекта. На стадии эскизного проекта должны быть определены принципиальные конструктивные решения разрабатываемых моделей автомобилей (или их семейства).

Целью исследования является разработка эскизного проекта для определения компоновки, основных размеров и параметров унифицированной платформы напольного электротранспорта.

Основные задачи, решаемые в данном исследовании:

1. Выбор наиболее рационального размещения основных узлов и агрегатов, рабочего места водителя и грузовой платформы.

2. Оценка унифицированной платформы напольного электротранспорта (УПНЭТ) в отношении ее соответствия требованиям эргономики и технической эстетики.

Основной частью эскизного проекта транспортного средства является чертеж его общего вида. В настоящем исследовании вместо чертежа общего вида разработаны трехмерные геометрические модели, что является предпочтительным и возможным решением при современном развитии компьютерных систем и технологий. Для определения габаритных размеров УПНЭТ, типа ее компоновки и предварительного анализа ее массы использованы предварительные габаритные и присоединительные размеры силового агрегата (электродвигателя), ведущего моста, рамы. По этим данным на трехмерных моделях указаны необходимые установочные размеры основных узлов и агрегатов относительно мостов автомобиля и рамы. Изменением положения агрегатов на раме УПНЭТ на основе анализа конструкций аналогов и требований к этим агрегатам и сопряженным узлам установлены геометрические размеры УПНЭТ. Одновременно проведен предварительный анализ массы основных агрегатов и узлов, конечной целью которого является определение нагрузки на мосты.

Особое внимание уделено удобному расположению водителя и органов управления. В данном случае в основном применяются заимствованные узлы и агрегаты, ранее разработанные для машин, выполняемых подобные работы, и соответствующие по техническим характеристикам режимам работы УПНЭТ, гарантийным срокам и условиям эксплуатации проектируемой УПНЭТ, влияние условий эксплуатации на различные узлы и агрегаты подробно рассмотрено в работах [1–6].

Также при разработке конструкций деталей необходимо учитывать их последующее обслуживание и ремонт в ходе эксплуатации, основные проблемы при проведении технического обслуживания на производственных предприятиях описаны в работах [7, 8]. При разработке эскиза УПНЭТ необходимо базировать на существующих исследованиях, посвященных проектированию электромобилей, их составных частей, деталей узлов и агрегатов [9–15].

Основная форма рамы УПНЭТ состоит из типовых профильных элементов: *швеллер*, *двутавр*, *тавр*, *уголок* и *квадратная труба*. Профили выбраны с учетом следующих ГОСТов: 8240–97, 8278–83, 26020–83, 7511–73, 8509–72.

Базовая прямоугольная форма рамы состоит из швеллеров, которые по угловым сторонам сварены по срезу под углом  $45^\circ$  и скреплены дополнительно восьмью плоскими треугольными пластинами. Предполагаемые габариты основной рамы 3000 мм – 1400 мм, предполагаемая высота П-образного профиля 100 мм. В основном предлагается все конструкции соединить за счет сварки, а также, возможно, за счет заклепочных элементов.

На задней поперечной балке расположены два крепежных «ушка», определенных под гидравлическое навесное оборудование. Поперечные балки с профилем двутавр дополнительно скреплены центральной продольной балкой, имеющей профиль швеллера, также поперечные балки скреплены уголками в количестве 12 штук (рис. 1).

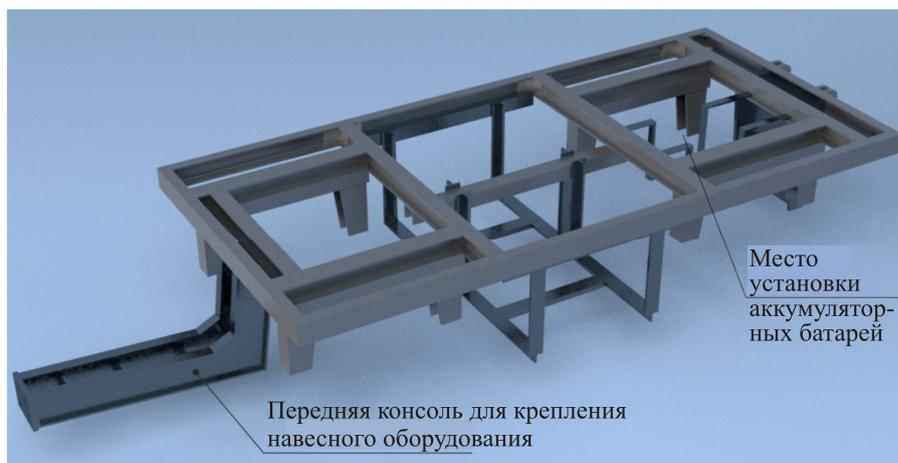


Рис. 1. Конструкция рамы УПНЭТ

Жесткость и прочность конструкции усиливается за счет крепежных элементов подвески, а также за счет дополнительной передней поперечной балки. Основная консоль крепления подвески обеспечивается за счет балок с профилем двутавр. Г-образный профиль прикрепляется к консоли для соединения подвески, а далее выводится на гнутые выдвинутые элементы, которые в итоге соединяются с амортизаторами колес (см. рис. 1).

На рис. 2 представлен общий вид рамы с размещением основных узлов и агрегатов.

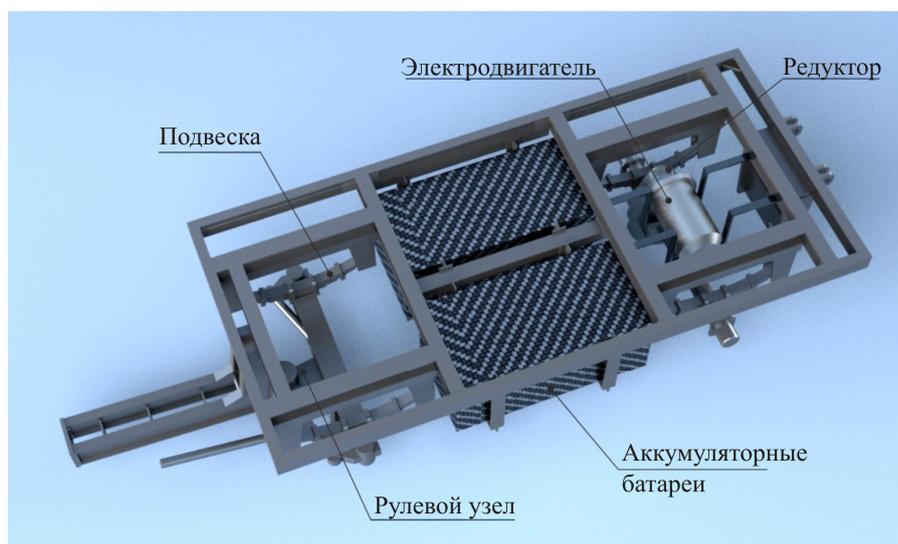


Рис. 2. Общий вид УПНЭТ с размещением основных узлов и агрегатов

Далее к итоговой конструкции рамы крепятся дополнительные базовые агрегатные рамные узлы для аккумуляторных батарей и электродвигателя. Конструкция рамы под аккумуляторные батареи выполнена из прокатного профиля тавр. Эта конструкция дополнительно прикрепляется к центральной продольной П-образной балке.

На рис. 3 приведена компоновка гидросистемы и гидропривода в сборке с прямоугольной основной рамой и каркасом кабины, где органы управления гидроприводом располагаются в ка-

бине. Показано условие крепления редуктора гидропривода к задней плите для монтажа навесного оборудования. Редуктор вплотную прилегает к задней плите гидросистемы с внутренней стороны рамы УПНЭТ, а к редуктору крепится гидронасос. Также имеется дополнительно гидробак. Все гидрошланги располагаются по периметру в проемах рамы УПНЭТ.

С целью снижения затрат на производство всех навесов изначально предлагается выполнить все формы без сложных изгибов. Конечно, дальнейшие виды работ по модернизации формы транспортного средства могут иметь много решений, так как имеется основная рама и каркас кабины на основе квадратного профиля, что позволяет принимать решения в инжиниринге УПНЭТ как по самой геометрии, так и по условию выбора материалов (полимерные, композитные, металлические и пр.). Общая длина УПНЭТ 3900 мм.

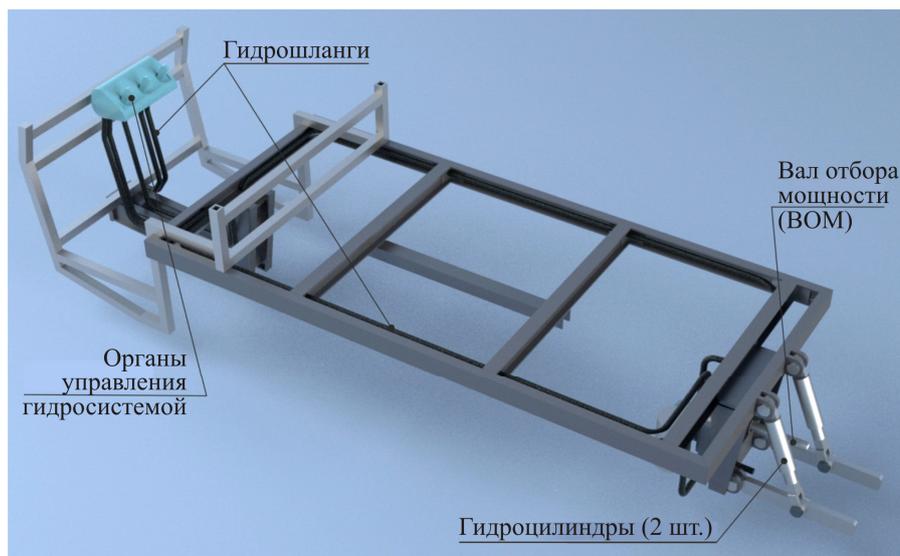


Рис. 3. Общий вид расположения гидравлического оборудования

Размеры грузовой платформы определяются для длины 2500 мм и ширины 1400 мм. Высотный уровень грузовой платформы определяется на отметку 850 мм при диаметре колес 600 мм. При нагруженной платформе покрышки колес сдавливаются, и высота платформы становится 800 мм. В связи с тем, что требуется крепить навесное оборудование, в предварительном анализе при компоновке рамы колесная база стала шире (1920 мм) с целью придания устойчивости УПНЭТ при работе с навесным оборудованием (*роторные щетки, дисковые подметальные щетки, отвалы, задне- и переднавесные лопаты и пр.*).

С целью оптимальной компоновки рабочего места водителя необходимо определить уровень посадки с условием наличия так называемой седалищной точки **Н**, которая является опорной для определения высоты посадочного места. Задача определения размерности включает и вопрос антропометрии и пропорционального отношения частей тела друг к другу, что очень важно в решении вопросов эксплуатации транспортного средства (ТС). При рассмотрении ТС можно сказать, что эта система уже имеет жесткие и устойчивые формальные позиции деталей в конструкции. Хотя вид формы деталей и кузова, а также общая конструкция организуются на основании стандартов и эксплуатационных свойств автомобиля. Вопросы компоновки рассматриваются в соответствии с нормативными документами, в которых оговорены значения размеров, углов и др. Предварительная компоновка начинается на этапе эскизного проекта.

Уровень посадки водителя в ТС определяет возможность оказывать усилия на органы управления, например на педали. На рис. 4 показана общая схема посадки водителя УПНЭТ при росте, определяемом в диапазоне 1700–1950 мм, а при посадке водителя ростом ниже 1700 мм (до 1530 мм) предусмотрена регулировка посадочного места. Досыгаемость до руля и гидравлического оборудования намечается примерно на одном уровне – около 1260 мм.

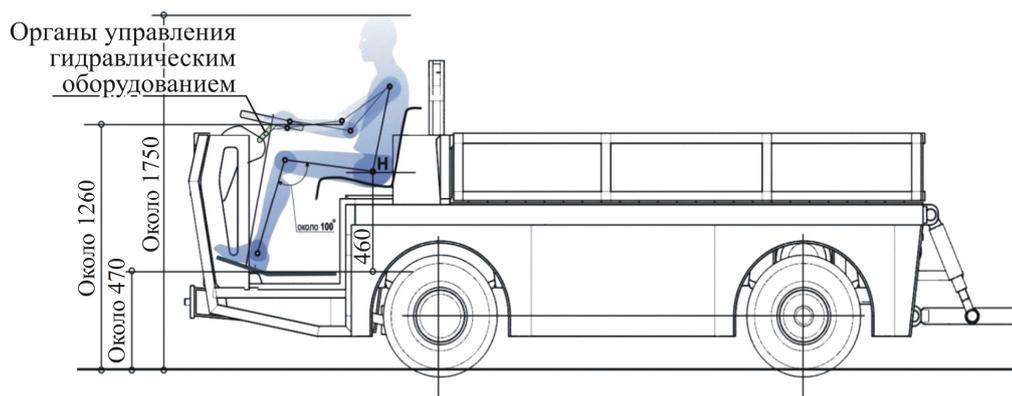


Рис. 4. Посадка водителя УПНЭТ при росте 1700–1950 мм

В ходе проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Представлено решение задачи определения размерности рабочего места водителя, которая включает и вопрос антропометрии и пропорционального отношения частей тела друг к другу, что очень важно в решении вопросов эксплуатации транспортного средства.
2. Представлен вид формы деталей и кузова, а также общая конструкция, которые организуются на основании стандартов и эксплуатационных свойств автомобиля.
3. Решены вопросы компоновки электротележки в соответствии с нормативными документами.
4. Представлен общий вид рамы, расположения агрегатов, посадочного места водителя.

#### Список литературы

1. Шаихов Р.Ф. Определение остаточного ресурса деталей навесного оборудования специальных автомобилей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 3. – С. 83–88.
2. Мальцев Д.В., Пестриков С.А. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания автобусов // Мир транспорта. – 2018. – № 2 (75). – С. 96–105.
3. Мальцев Д.В. Анализ причин малой наработки на отказ турбокомпрессоров при эксплуатации в условиях карьеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика / Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. – 2016. – Т. 4, № 5–4 (25–4). – С. 267–271.
4. Шаихов Р.Ф. Особенности эксплуатации автомобилей с турбокомпрессорами в условиях карьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 73–79.
5. Попов А.В., Козырин Н.С., Мальцев Д.В. Двухпоточная трансмиссия против вариатора // Автомобильная промышленность. – 2018. – № 11. – С. 18–21.
6. Мальцев Д.В., Генсон Е.М. Повышение эффективности эксплуатации кузовных мусоровозов: монография / М-во с.-х. РФ, ПГАТУ им. Д.Н. Прянишникова. – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2019. – 144 с.
7. Мальцев Д.В., Генсон Е.М., Репецкий Д.С. Электронные учебные пособия для прикладного бакалавриата // Высшее образование в России. – 2019. – № 4. – С. 134–141.
8. Богоев Р.А., Мальцев Д.В., Генсон Е.М. Оценка квалификации производственного персонала на предприятиях агропромышленного комплекса // Актуальные вопросы применения инженерной науки: материалы Междунар. студ. науч.-практ. конф. / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 110–115.
9. Yusupov S.A. Fundamentals of projecting exterior design of automobile // Наука, техника и образование. – 2017. – № 7 (37). – С. 68–71.

10. Large-Scale Energy Storage System Design and Optimization for Emerging Electric-Drive Vehicles / Wu Jie, Wang Jia, Li Kun, Zhou Hau, Lv Qin, Shang Li, Sun Yihe // *IEEE Trans. Comput. Aid. Des. Integr. Circuits and Syst.* – 2013. – Vol. 32, 3. – P. 325–338.
11. Modelling of components of hybrid and city transportation in shareware soft / D.V. Topolsky, E.V. Solomin, I.G. Topolskaya, N.D. Topolsky // *Journal of Computational and Engineering Mathematics.* – 2015. – Vol. 2, № 3. – P. 3–12.
12. Развитие проектов электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, М.М. Васильев, В.В. Дебелов // *Грузовик.* – 2018. – № 6. – С. 18–21.
13. Экспериментальная модель автономного полноуправляемого электромобиля / Н.С. Соломатин, П.А. Шаврин, В.Н. Лата, А.В. Ермолин [и др.] // *Журнал автомобильных инженеров.* – 2017. – № 3 (104). – С. 8–11.
14. Дунаев М.П. Математическое и физическое моделирование электромобиля // *Информационные и математические технологии в науке и управлении.* – 2017. – № 2 (6). – С. 65–71.
15. Системные подходы в конструировании и дизайн-проектировании унифицированной машины технологического электротранспорта / А.И. Коршунов, Р.С. Музафаров, М.А. Плетнев, Д.В. Скуба, Н.М. Филькин // *Интеллектуальные системы в производстве.* – 2016. – № 2. – С. 40–47.

#### References

1. Shaikhov R.F. Opredelenie ostatochnogo resursa detalei navesnogo oborudovaniia spetsial'nykh avtomobilei [Determination of the residual life of parts of attachments of special vehicles] *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2019, № 3, pp. 83-88.
2. Mal'tsev D.V., Pestrikov S.A. Opredelenie optimal'noi periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniia avtobusov [Determination of the optimal frequency of bus maintenance]. *Mir transporta*, 2018, no. 2 (75), pp. 96-105.
3. Mal'tsev D.V. Analiz prichin maloi narabotki na otkaz turbokompressorov pri ekspluatatsii v usloviakh kar'erov [Analysis of the reasons for the small time between failures of turbocompressors during operation in quarries]. *Aktual'nye napravleniia nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriia i praktika*. 2016, t. 4, no. 5-4 (25-4), pp. 267-271.
4. Shaikhov R.F. Osobennosti ekspluatatsii avtomobilei s turbokompressorami v usloviakh kar'erov [Features of operation of cars with turbochargers in quarry conditions] *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2019, № 2, pp. 73-79.
5. Popov A.V., Kozyrin N.S., Mal'tsev D.V. Dvukhpotochnaia transmissiia protiv variatora [Dual-flow transmission against the variator] *Avtomobil'naia promyshlennost'*, 2018, no. 11, pp. 18-21.
6. Mal'tsev D.V., Genson E.M. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii kuzovnykh musorovozov [Improving the performance of body garbage trucks] *Monografiia*. Perm', Izd-vo "Prokrost", 2019, 144 p.
7. Mal'tsev D.V., Genson E.M., Repetskii D.S. Elektronnye uchebnye posobiia dlia prikladnogo bakalavriata [Electronic textbooks for applied baccalaureate] *Vysshiee obrazovanie v Rossii*, 2019, no. 4, pp. 134-141.
8. Bogoveev R.A., Mal'tsev D.V., Genson E.M. Otsenka kvalifikatsii proizvodstvennogo personala na predpriiatiakh agropromyshlennogo kompleksa [Qualification assessment of production personnel at the enterprises of the agro-industrial complex] *Aktual'nye voprosy primeneniia inzhenernoi nauki: International scientific and practical conference, Riazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostiicheva*, 2019, pp. 110-115.
9. Yusupov S.A. Fundamentals of projecting exterior design of automobile. *Science, technology and education*, 2017, no. 7 (37), pp. 68-71.
10. Wu Jie. Large-Scale Energy Storage System Design and Optimization for Emerging Electric-Drive Vehicles / Wu Jie, Wang Jia, Li Kun, Zhou Hau, Lv Qin, Shang Li, Sun Yihe // *IEEE Trans. Comput. Aid. Des. Integr. Circuits and Syst.* 2013, V. 32, 3, pp. 325-338.
11. Topolsky D.V., Solomin E.V., Topolskaya I.G., Topolsky N.D. Modelling of components of hybrid and city transportation in shareware soft. *Journal of Computational and Engineering Mathematics*, 2015, vol. 2, no. 3, pp. 3-12.
12. Kozlovskii V.N., Aidarov D.V., Vasil'ev M.M., Debelov V.V. Razvitie proektov elektromobilei i avtomobilei s kombinirovannoi energoustanovkoi [Development of electric vehicles and combined power plant projects] *Gruzovik*, 2018, no. 6, pp. 18-21.
13. Solomatin N.S., Shavrin P.A., Lata V.N., Ermolin A.V. etc. Eksperimental'naia model' avtonomnogo polnoup-ravliaemogo elektromobil'naia [An experimental model of an autonomous fully-controlled electric vehicle] *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov*, 2017, no. 3 (104), pp. 8-11.
14. Dunaev M.P. Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie elektromobil'naia [Mathematical and physical modeling of an electric car] *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*, 2017, no. 2 (6), pp. 65-71.

15. Korshunov A.I., Muzafarov R.S., Pletnev M.A., Skuba D.V., Fil'kin N.M. Sistemnye podkhody v konstruirovanii i dizain-proektirovanii unifikirovannoi mashiny tekhnologicheskogo elektrotransporta [Systemic approaches in the design and design of a unified technological electric vehicle] *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2016, no. 2, pp. 40-47.

Получено 14.01.2020

#### **Об авторах**

**Шаихов Ринат Фидарисович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и ремонт машин» Пермского государственного аграрно-технологического университета (614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, e-mail: shr84@list.ru).

**Филькин Николай Михайлович** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технический сервис и ремонт машин» Пермского государственного аграрно-технологического университета (614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, e-mail: fnm@istu.ru).

#### **About the authors**

**Rinat F. Shaihov** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Service and Repair of Cars, Perm State Agro-Technological University (23, Petropavlovskaya st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: shr84@list.ru).

**Nikolay M. Filkin** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technical Service and Repair of Cars, Perm State Agro-Technological University (23, Petropavlovskaya st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: fnm@istu.ru).