

## Пожары различных видов электроустановок и способы их тушения

© М.В. Алешков , Д.А. Иощенко, И.А. Ольховский

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Пожары электроустановок под напряжением являются наиболее опасными и сложными с точки зрения их ликвидации. При тушении таких пожаров существует большая опасность поражения электрическим током личного состава пожарно-спасательных подразделений. В последнее время электроустановки приобрели новый вектор внедрения — электромобили. Конструкция электромобилей предусматривает использование аккумуляторных батарей большой емкости и наличие электрооборудования под высоким напряжением, что представляет повышенную пожарную опасность. Целью статьи является анализ потенциальных объектов защиты и оценка существующих методов ликвидации пожаров электрооборудования для обоснования основных направлений исследований по созданию безопасных средств пожаротушения электроустановок автотранспортных средств.

**Основная (аналитическая) часть.** Объекты с электроустановками, тушение которых необходимо производить без отключения электроэнергии, находятся в распоряжении тех пожарных частей, личный состав которых имеет соответствующую подготовку и оборудование. Однако в случае возгорания электромобилей невозможно спрогнозировать, в районе какой пожарной части это произойдет и насколько она будет оснащена соответствующим оборудованием. Рассмотренные конструктивные особенности электромобилей показывают, что потенциальными источниками пожарной опасности, представляющими проблему при ликвидации очагов горения, являются литийсодержащие аккумуляторные батареи и токоведущие элементы цепи. Данные условия обуславливают необходимость рассмотрения проблемы организации пожаротушения автономных электроустановок автотранспортных средств с точки зрения электробезопасности. Предлагается на основе анализа основных способов пожаротушения определить способ тушения, предусматривающий создание средств оперативного пожаротушения, обеспечивающий безопасное проведение пожаротушения электроустановок автотранспортных средств.

**Выводы.** В качестве основного средства, исключающего возможность утечки тока по струе огнетушащего вещества, для тушения различных видов электроустановок, располагающихся, в том числе, на базе автотранспортных средств, целесообразно использовать импульсную подачу огнетушащего вещества. При решении данной задачи не рассматривались возможные эффекты экзотермических реакций с литийсодержащими элементами. На основании проведенных исследований будет сформирована концепция технических решений для комплектования оперативных пожарных и аварийно-спасательных формирований для тушения пожаров с участием электромобилей.

**Ключевые слова:** пожар электроустановок; утечка тока по струе; импульсная подача огнетушащего вещества; метод тушения; пожар электромобилей

**Для цитирования:** Алешков М.В., Иощенко Д.А., Ольховский И.А. Пожары различных видов электроустановок и способы их тушения // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т. 29. № 5. С. 51–59. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.05.51-59

 Алешков Михаил Владимирович, [aleshkov.m@mail.ru](mailto:aleshkov.m@mail.ru)

## Various electrical fires and firefighting methods

© Mikhail V. Aleshkov , Dmitry A. Ioshchenko, Ivan A. Olkhovsky

Academy of State Fire Service of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

### ABSTRACT

**Introduction.** Fires of voltage-carrying electrical units are most dangerous and difficult to put out. Personnel of fire emergency response units are at high risk of electric shock when extinguishing such fires. Electrical units have recently obtained a new are of application, that is, electric cars. Electric car design entails the use of high-capacity batteries and high voltage electrical equipment, which pose a higher fire hazard. The objective of this article is to analyze potential assets to be protected and assess existing electrical fire extinguishing methods to substantiate principal areas of research into design of safe fire extinguishing systems designated for electrical units installed on motor vehicles.

**Main (Analytical) part.** The fire extinguishing of the items, that have electrical units to be extinguished without any electricity outage, must be performed by the fire departments that have appropriately trained and equipped personnel. However, in the event of an electric car fire, it is impossible to forecast which fire department will be nearby and how well it will be equipped. The design features of electric vehicles show that potential sources of the fire hazard include lithium batteries and electrical circuit elements. These factors explain the need to consider the problem of extinguishing self-contained electrical fires inside motor vehicles from the standpoint of electrical safety. It is suggested to identify the fire extinguishing method in furtherance of the analysis of a set of principal fire extinguishing methods with regard for the design of efficient firefighting appliances that ensure safe extinguishing of electric car fires.

**Conclusions.** It is expedient to use the pulse application of a fire-extinguishing agent that prevents current leakage while extinguishing various types of electrical appliances, including those installed on motor vehicles. The effects of exothermic reactions, involving lithium-containing elements, were not analyzed when solving this problem. This research will serve as the basis for conceptual technological solutions designated for fire emergency response units responsible for extinguishing electric car fires.

**Keywords:** electrical fire; current leakage in a jet; pulse application of a fire-extinguishing agent; fire extinguishing method; electric car fire

**For citation:** Aleshkov M.V., Ioshchenko D.A., Olkhovsky I.A. Various electrical fires and firefighting methods. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(5):51-59. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.05. 51-59 (rus.).

✉ Mikhail Vladimirovich Aleshkov, e-mail: aleshkov.m@mail.ru

## Введение

Анализ статистики пожаров на территории Российской Федерации позволяет сделать вывод, что по причине нарушения правил эксплуатации устройства и электрооборудования происходит каждый четвертый пожар [1].

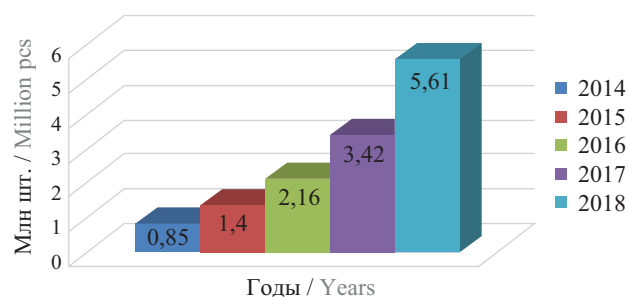
Пожары электроустановок под напряжением являются наиболее опасными и сложными с точки зрения их ликвидации. При тушении таких пожаров существует большая опасность поражения электрическим током личного состава пожарно-спасательных подразделений [2].

В последнее время электроустановки приобрели новый вектор внедрения — электромобили. Существующие электромобили с автономными источниками электроэнергии, работающими по принципу получения электроэнергии, можно разделить на три типа: комбинированные двигательные установки, получение электроэнергии от внешних сетей, генерация электроэнергии в топливных ячейках с использованием водорода. При всем разнообразии указанных конструкций их объединяет способ накопления и реализации электроэнергии — с помощью аккумуляторной батареи и электродвигателей. Использование аккумуляторных батарей большой емкости и наличие электрооборудования под высоким напряжением представляет повышенную пожарную опасность, что обуславливает необходимость предусмотреть средства пожаротушения, обеспечивающие эффективность и безопасность в случае аварийной ситуации.

Мировой спрос на электромобили растет с каждым годом. Основной причиной увеличения этого спроса является экономия затрат на топливо и содержание транспортного средства. Некоторые государства поддерживают развитие электромоби-

лей, обеспечивая их владельцам привилегии в виде освобождения от налогов, бесплатных парковок и т.д. Государство же, в свою очередь, делает ставку на высокую экологичность, которая, со слов производителей электромобилей, достигается за счет отсутствия выхлопов, антифризов, масел и других нефтепродуктов, кроме того, данная техника практически бесшумна [3, 4].

Согласно данным Centre for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg – ZSW, представленным на рис. 1, в мире по итогам 2018 г. насчитывалось более 5,6 млн электромобилей [5].

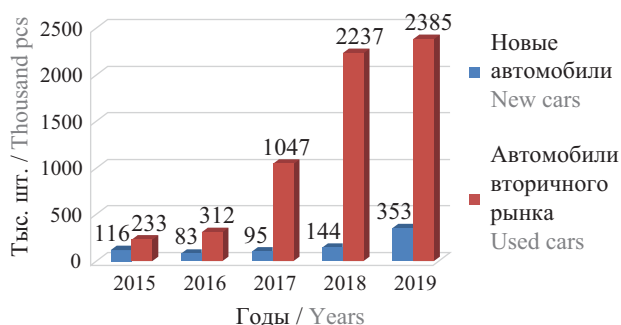


**Рис. 1.** Динамика увеличения количества электромобилей в мире по годам [5]

**Fig. 1.** Growth in the number of electric cars worldwide broken down by the years [5]

На диаграмме не представлены набирающие популярность автомобили с силовыми установками на водородном топливе, которые также относятся к электромобилям гибридного типа. Среди регионов самая большая динамика роста количества электромобилей в 2018 г. наблюдалась в Китае (54 %), на втором месте — Европа (19 %) и на третьем — США (18 %) [5].

На начало 2020 г. в Российской Федерации, по данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», насчитывается более 6,3 тыс. электромобилей [6].



**Рис. 2.** Количество электромобилей в Российской Федерации за 2015–2019 гг. [6]

**Fig. 2.** The number of electric cars in the Russian Federation in 2015–2019 [6]

Из диаграммы, приведенной на рис. 2, наглядно видно, что в период 2015–2019 гг. среднегодовой прирост количества электромобилей вторичного рынка составляет 230 %, а новых автомобилей — 51 %.

В Российской Федерации одними из важных представителей транспортных средств на электрической тяге, не учтенных в статистике, представленной на рис. 2, являются электробусы. Сегодня на линиях общественного транспорта г. Москвы работает более 300 единиц, а к концу 2020 г. их число увеличится до 600 единиц [7–9].

Проблемой, для решения которой до сих пор в мире не накоплен опыт и не выработаны совершенные методы решения, является ликвидация пожаров транспорта на электрической тяге [10–14]. В мировых новостных источниках достаточно часто появляется информация об очередном возгорании электромобиля. Исследовательская компания Batelle произвела анализ и выяснила, что по состоянию на 2018 г. произошло более 40 возгораний только электромобилей марки Tesla [15].

Из проведенного анализа следует, что пожаротушение тяговых автономных электроустановок на автомобилях представляет серьезную проблему как в части выбора технических средств, так и тактических способов пожаротушения. Задача выбора способа тушения электроустановок автомобилей усугубляется тем, что необходимо рассматривать двоякую задачу: обеспечить эффективное тушение аккумуляторных батарей с литием и исключить возможность электрического пробоя от высоковольтных токоведущих элементов электроустановки при подаче огнетушащих средств в очаг пожара. Целью настоящих исследований является выбор эффективных способов тушения электроустано-

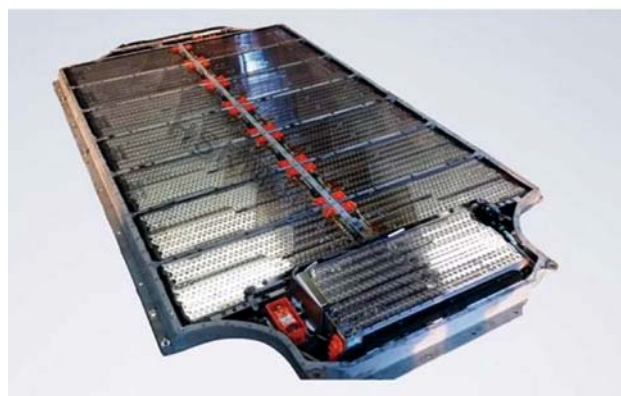
вок автотранспортных средств, находящихся под напряжением, при условии обеспечения электробезопасности.

### Основная (аналитическая) часть

Как правило, объекты с электроустановками, тушение которых необходимо производить без отключения электроэнергии, находятся в распоряжении тех пожарных частей, личный состав которых имеет соответствующую подготовку и оборудование. Однако в случае возгорания электромобиля невозможно спрогнозировать, в районе какой пожарной части это произойдет и насколько она будет оснащена соответствующим оборудованием. В то же время в современном мире набирают популярность электромобили, электрокары и гибридные автомобили, напряжение тока в системах электропитания которых составляет 380–400 В, при силе тока свыше 200 А. Необходимо отметить, что ощутимым для человека является ток силой не более 0,5 мА.

Пожары электромобилей можно вывести в отдельное направление на общем фоне пожаров. В связи с этим при тушении такого вида пожаров для оператора, проводящего тушение, возможно развитие самых неблагоприятных сценариев: взрыв, поражение электрическим током, выделение высокотоксичных ядов и т.д. [16].

Главным источником пожара в электромобиле является батарея высокого напряжения (рис. 3) и токоведущие элементы цепи, находящиеся под напряжением 380–400 В.



**Рис. 3.** Батарея электромобиля Tesla

**Fig. 3.** Tesla electric car battery

Причины пожаров электрокаров по причинам возникновения можно условно разделить на две категории: в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и в результате самовозгорания.

ДТП, в результате которых происходит повреждение батареи, являются наиболее частой причиной пожаров электромобилей. Один наиболее



**Рис. 4.** Пожар автомобиля марки Tesla после наезда на препятствие

**Fig. 4.** Tesla electric car fire after running over an obstacle

яркий случай такого пожара произошел в октябре 2013 г., когда движущийся по шоссе автомобиль Tesla Model 3 наехал на деталь от прицепа, которая пробила днище и повредила батарею, что в результате спровоцировало короткое замыкание и возгорание (рис. 4).

Однако рассмотренные пожары позволяют сделать вывод, что самовозгорание электромобиля также может являться рядовой причиной.

Один из последних пожаров по причине самовозгорания произошел 21 апреля 2019 г. в г. Шанхае. Автомобиль Tesla Model S, стоявший на паркинге, начал выделять дым, а затем взорвался, что привело к распространению пламени на рядом стоящие автомобили (рис. 5).

Исследование вопросов эффективного пожаротушения электромобилей является приоритетной

задачей научно-исследовательских подразделений в данной области. Сегодня некоторые страны уже имеют практический опыт тушения пожаров электромобилей. Так, например, в Швейцарии при прибытии на место вызова и обнаружении электромобиля для поддержки привлекаются две единицы основной техники, которые должны обеспечить снижение температуры горящей батареи за счет подачи большого количества воды, чтобы не позволить пламени распространиться на другие ячейки аккумулятора.

Пожарные Нидерландов разделяют точку зрения компании Tesla, которая заключается в том, что для полного тушения горящий электромобиль необходимо поместить в емкость, содержащую не менее 18 м<sup>3</sup> воды, и выдержать карантин автомобиля не менее 48 ч.



**Рис. 5.** Самовозгорание Tesla Model S в г. Шанхай

**Fig. 5.** Tesla Model S self-ignition in Shanghai



Основное внимание в организации процесса тушения в приведенных случаях направлено на ликвидацию горения литиевых батарей, оставляя без должного внимания вопросы электробезопасности.

В настоящее время наиболее полно вопрос электробезопасности электромобилей рассматривается в руководстве NFPA (США) по тушению транспорта на электрической или гибридной тяге, выпущенном в 2018 г. [17]. В нем приводится порядок проведения работ по ликвидации пожара электромобиля, который определяет действия, начиная с идентификации до процесса тушения. Особое внимание отводится процедуре обеспечения электробезопасности, называемой в данном документе «Отключение». Процедура «Отключение» заключается в выключении зажигания и размыкании цепи аккумуляторной батареи.

В данном документе [17] приводится устройство всех электромобилей по отдельности для изучения порядка размыкания цепи высокого напряжения, которое составляет 400 В.

Непосредственно само тушение NFPA предлагает проводить водой, которой должно быть не менее 11 тыс. л. Данные требования подтверждаются проведенными экспериментами.

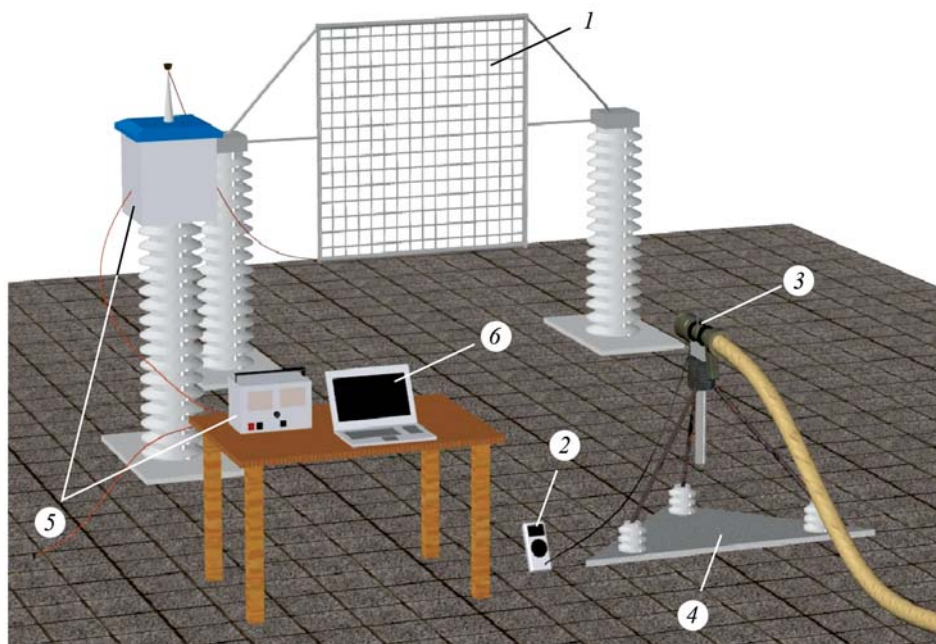
Устройство электромобилей, приведенное NFPA, может дать только общее представление, но не конкретное расположение токоведущих магистралей. Причин данного обстоятельства две:

- частые изменения и рейстайлинг базовых моделей автопроизводителями;
- изменения конструкции электромобилей вторичного рынка, которые могли произойти в результате непрофессионального обслуживания.

Следовательно, в момент пожара оперативно актуализировать информацию о расположении токоведущих магистралей невозможно. Неверно проведенные работы по отключению электропитания могут стать причиной поражения участников тушения пожара электрическим током. Даже отключив электропитание автомобиля, мы всего лишь убираем напряжение с некоторых потребителей, но сама батарея продолжает оставаться под напряжением [18, 19].

Основной угрозой для участников тушения пожара электромобиля является прохождение электрического тока критической величины по огнетушащей струе различного состава и поражение им ствольщика и оборудования средства тушения пожара.

Тушение пожаров электрооборудования под напряжением всегда было одним из важнейших вопросов в области пожаротушения, изучению которого посвящены труды многих ученых: А.К. Микеева, М.В. Алешкова, А.А. Колбасина, В.Д. Федяева, И.А. Гусева [20, 21]. Однако в своих работах они рассматривали средства тушения пожаров электрооборудования под напряжением, которые имели непрерывную струю огнетушащих веществ (ОТВ), и при использовании различных ОТВ возникал ток утечки (рис. 6), в связи с чем определялись безопас-



**Рис. 6.** Эксперимент по определению тока утечки по струе ОТВ [26]: 1 — мишень; 2 — мультиметр; 3 — испытуемое устройство; 4 — изолирующая подставка; 5 — аппарат испытания диэлектриков АИД-70М; 6 — компьютер для приема данных

**Fig. 6.** An experiment to identify leakage current using a stream of the firefighting agent [26]: 1 — target; 2 — multimeter; 3 — device under test; 4 — insulating stand; 5 — AID-70M dielectric testing device; 6 — data receiving computer



**Рис. 7.** Импульсная подача ОТВ

**Fig. 7.** Pulse application of the firefighting agent

ные условия применения рассматриваемых систем и средств пожаротушения, соблюдение которых в условиях пожара крайне затруднительно.

Для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, предлагается использование систем пожаротушения, особенностью которых является импульсная подача ОТВ (рис. 7). Она позволит обеспечить пожаротушение с учетом защиты участников тушения пожара и оборудования от воздействия электрического тока. Данная технология исключает из электрической цепи «источник электрического тока – ствольщик» основной ее проводник — неразрывную струю различных ОТВ.

### Выводы

В статье предлагается определить способ тушения и разработать требования по созданию средств оперативного пожаротушения, обеспечи-

вающих эффективное тушение основного очага горения — литиевой батареи, при условии исключения возможности поражения личного состава и техники электрическим током.

В качестве основного принципа обеспечения электробезопасности рассматривается прерывистость и интенсивность подачи огнетушащего средства в очаг горения. Оптимизация этих параметров должна позволить обеспечить требования электробезопасности и условия охлаждения и тушения аккумуляторных батарей с учетом эффекта возможных экзотермических реакций с литийсодержащими элементами.

На основании проведенного исследования будет сформирована концепция технических решений для комплектования оперативных пожарных и аварийно-спасательных формирований при тушении пожаров с различных видов электроустановок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешков М.В., Иощенко Д.А., Колбасин А.А. Импульсная подача огнетушащего вещества для ликвидации пожаров электрооборудования под напряжением // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2019. № 1. С. 70–74. DOI: 10.25257/FE.2019.1.70–74
2. Алешков М.В., Колбасин А.А. Особенности развития и тушения пожаров, возникающих по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. № 3. С. 54–57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16356460>

3. Electric vehicles are good for people and the environment // SLO CLIMATE COALITION. 2019. URL: <https://carbonfreeslo.org/electric-vehicles-are-good-for-people-and-the-environment/> (дата обращения 01.06.2020)
4. Горбунова А.Д., Ахметзянов Д.Д. Развитие электромобилей в мире как метод повышения экологической среды // Поколение будущего: взгляд молодых ученых-2018 : сб. науч. ст. 7-й Междунар. мол. науч. конф. Курск, 13–14 ноября 2018 г. : в 4-х т. Том 4. Курск : ЗАО «Университетская книга», 2018. С. 15–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36764929>
5. Global E-car count up from 3.4 to 5.6 million // Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg. 2019. URL: [https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user\\_upload/PDFs/Pressemitteilungen/2019/pr02-2019-ZSW-WorldwideNumbersElectriccars.pdf](https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Pressemitteilungen/2019/pr02-2019-ZSW-WorldwideNumbersElectriccars.pdf) (дата обращения 18.02.2020)
6. Тимерханов А. В России зарегистрировано 6,3 тыс. электромобилей // Аналитическое агентство Автостат. 2020. URL: <https://www.autostat.ru/news/42999/> (дата обращения 03.03.2020).
7. Количество электробусов в Москве увеличится до 600 к концу 2020 года // Москва.ру. 2019. URL: <https://moskva.ru/2019/12/09/83390.html> (дата обращения 27.02.2020)
8. Бычков В.П., Прядкин В.И., Романов В.В. Основные проблемы применения городского электробуса // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1. С. 79–82. DOI: 10.12737/13854
9. The impact of electric buses on urban life // Union Internationale des Transports Publics, UITP. 2019. URL: <https://www.uitp.org/publications/the-impact-of-electric-buses-on-urban-life/> (дата обращения 04.06.2020)
10. Колчин В.В., Крутоланов А.С. Пожарная безопасность электромобилей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. С. 417–419. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36576214>
11. Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles // RISE Research Institutes of Sweden. 2019. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1317419/FULLTEXT02> (дата обращения 02.06.2020)
12. Nitta N., Wu F., Lee T., Yushin G. Li-Ion battery materials: present and future // Materials Today. 2015. Vol. 18. Pp. 252–264. DOI: 10.1016/j.mattod.2014.10.040
13. International Energy Agency / Global EV Outlook 2018 / International Energy Agency. 2018.
14. European Alternative Fuels Observatory / Total Number Alternative Fuels Passenger Cars: AF Fleet (Electricity) (2019). 2018. URL: <https://tinyurl.com/y9g45w6p> (дата обращения 04.02.2020).
15. Lebkowski A. Electric vehicle fire extinguishing system // Przegląd Elektrotechniczny. 2017. Vol. 93. Pp. 329–332. DOI: 10.15199/48.2017.01.77
16. Раздувание огня: все ли электромобили пожароопасны // Известия. 2019. URL: <https://iz.ru/871987/evgenii-bagdasarov/razduvanie-ognia-vse-li-elektromobili-pozharoопасny> (дата обращения 16.04.2020).
17. Ляшенко С.М., Блохин А.А. Пожарная безопасность электроавтомобилей как элемент системы пожарной безопасности автотранспорта и пути ее совершенствования // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году культуры безопасности. Иваново, 19 сентября 2018 г. Часть II. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 48–51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907>
18. Emergency Field Guide 2018 Edition // NFPA. 2018.
19. Гулямов К.Х. Проблемы электробезопасности при эксплуатации электромобилей с высоковольтным источником энергии // Наука России: цели и задачи : сб. науч. тр., по мат. III междунар. науч.-практ. конф. 10 июня 2017 г. Часть 2. Екатеринбург : Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2017. С. 17–18. DOI: 10.18411/sr-10-06-2017-16
20. Ендачев Д.В., Шорин А.А., Карпунин К.Е. Электрическая безопасность автомобилей с комбинированной энергоустановкой и электромобилей // Журнал автомобильных инженеров. 2016. № 6 (101). С. 58–63. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29309913>
21. Алешков М.В., Емельянов Р.А., Колбасин А.А., Федяев В.Д. Обзор применения технологии подачи компрессионной пены при тушении пожаров электрооборудования под напряжением // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 4 (62). С. 58–63. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-4/41-04-15.ttb.pdf>



22. Алешков М.В., Рожков А.В., Двоенко О.В., Ольховский И.А., Гусев И.А. Применение робототехнических комплексов для тушения пожаров на объектах энергетики // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 1. С. 48–53. DOI: 10.25257/FE.2016.1.48-53

## REFERENCES

1. Aleshkov M.V., Ioshchenko D.A., Kolbasin A.A. Impulse discharge of extinguishing medium to suppress fires of live electrical equipment. *Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2019; 1:70-74. DOI: 10.25257/FE.2019.1.70-74 (rus.).
2. Aleshkov M.V., Kolbasin A.A. Features of development and suppression of fires emerging due to the violation of electrical installation and operation rules. *Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2010; 3:54-57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16356460> (rus.).
3. Electric vehicles are good for people and the environment. *SLO CLIMATE COALITION*. 2019. URL: <https://carbonfreeslo.org/electric-vehicles-are-good-for-people-and-the-environment/>
4. Gorbunova A.D., Akhmetzyanov D.D. The development of electric vehicles in the world as a method of increasing the ecological environment. *Generation of the future: the look of young scientists — 2018 : collection of scientific articles of the 7th International Youth Scientific Conference : in 4 vol. Vol. 4*. Kursk, JSC University Book, 2018; 15-17. (rus.).
5. Global E-car Count Up from 3.4 to 5.6 Million. *Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg*. 2019. URL: [https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user\\_upload/PDFs/Pressemittelungen/2019/pr02-2019-ZSW-WorldwideNumbersElectriccars.pdf](https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Pressemittelungen/2019/pr02-2019-ZSW-WorldwideNumbersElectriccars.pdf)
6. Timerkhanov A. 6.3 thousand electric vehicles registered in Russia. *Analiticheskoye agentstvo Avtostat / Analytical Agency Avtostat*. 2020. URL: <https://www.autostat.ru/news/42999> (rus.).
7. The number of electric buses in Moscow will increase to 600 by the end of 2020. *Moskva.ru*. 2019. URL: <https://moskva.ru/2019/12/09/83390.html>
8. Bychkov V.P., Pryadkin V.I., Romanov V.V. Main problems of urban elektrobus application. *Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use*. 2015; 2(1):79-82. DOI: 10.12737/13854 (rus.).
9. The impact of electric buses on urban life. *Union Internationale des Transports Publics, UITP*. 2019. URL: [https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP-policy-brief-June2019-V6%20WEB%20-%20OK\\_0.pdf](https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP-policy-brief-June2019-V6%20WEB%20-%20OK_0.pdf)
10. Kolchin V.V., Krutolapov A.S. Fire safety electric vehicles. *Fire safety: problems and prospects*. 2018; 1(9):417-419. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36576214> (rus.).
11. Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles. *RISE Research Institutes of Sweden*. 2019. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1317419/FULLTEXT02>
12. Nitta N., Wu F., Lee T., Yushin G. Li-Ion battery materials: present and future. *Materials Today*. 2015; 18:252-264. DOI: 10.1016/j.mattod.2014.10.040
13. International Energy Agency / Global EV Outlook 2018 / International Energy Agency. 2018.
14. European alternative fuels observatory. *Total Number Alternative Fuels Passenger Cars: AF Fleet (Electricity) (2019)*. 2018. URL: <https://tinyurl.com/y9g45w6p>.
15. Lebkowski A. Electric vehicle fire extinguishing system. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2017; 93:329-332. DOI: 10.15199/48.2017.01.77
16. Fanning: are all electric cars fire hazardous. *Izvestiya/News*. 2019. URL: <https://iz.ru/871987/evgenii-bagdasarov/razduvanie-ognia-vse-li-elektromobili-pozharoopasny>
17. Lyashenko S.M., Blokhin A.A. Fire safety of electric vehicles as a element of fire safety system of motor transport and ways of its improvement. *Modern Fireproof Materials and Technologies : collection of materials of the international scientific-practical conference dedicated to the Year of Safety Culture*. 2018; 48-51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907> (rus.).
18. Emergency field guide 2018 edition. *NFPA*. 2018.
19. Gulyamov K.Kh. Electrical safety problems in the operation of electric vehicles with a high voltage energy source. *Science of Russia: goals and objectives : collection of scientific papers, based on the materials of the III International Scientific and Practical Conference June 10, 2017, Part 2. Yekaterinburg : Publishing House of Research Center "L-Journal", 2017; 17-18. DOI: 10.18411/sr-10-06-2017-16* (rus.).



20. Yendachev D.V., Shorin A.A., Karpukhin K.Ye. The electrical safety of hybrid and electric vehicles. *Zurnal AAI*. 2016; 6(101):58-63. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29309913> (rus.).
21. Aleshkov M.V., Yemelyanov R.A., Kolbasin A.A., Fedyayev V.D. Review of application of technology of supply of compression foam during extinguishing fires electric equipment under voltage. *Technology of Technosphere Safety*. 2015; 4(62):58-63. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-4/41-04-15.ttb.pdf> (rus.).
22. Aleshkov M.V., Rozhkov A.V., Dvoyenko O.V., Olkhovskiy I.A., Gusev I.A. The use of robotic systems for extinguishing fires at energy facilities. *Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2016; 1:48-53. DOI: 10.25257/FE.2016.1.48-53 (rus.).

Поступила 02.06.2020, после доработки 22.07.2020;

принята к публикации 09.10.2020

Received June 2, 2020; Received in revised form July 22, 2020;

Accepted October 9, 2020

### Информация об авторах

**АЛЕШКОВ Михаил Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, заместитель начальника, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 257856, ORCID 0000-0001-7844-1955; e-mail: [aleshkov.m@mail.ru](mailto:aleshkov.m@mail.ru)

**ИОЩЕНКО Дмитрий Александрович**, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела пожарной и аварийно-спасательной техники, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; ORCID 0000-0003-3046-0238; e-mail: [dmitriy.i@mail.ru](mailto:dmitriy.i@mail.ru)

**ОЛЬХОВСКИЙ Иван Александрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной техники, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 771909, ORCID 0000-0002-7561-2517; e-mail: [250615m@mail.ru](mailto:250615m@mail.ru)

### Information about the authors

**Mikhail V. ALESHKOV**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Deputy Head, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia; Moscow, Russian Federation; ID RISC: 257856, ORCID 0000-0001-7844-1955; e-mail: [aleshkov.m@mail.ru](mailto:aleshkov.m@mail.ru)

**Dmitry A. IOSHCENKO**, Senior Researcher, Research Department of Fire and Rescue Equipment, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia; Moscow, Russian Federation; ORCID 0000-0003-3046-0238; e-mail: [dmitriy.i@mail.ru](mailto:dmitriy.i@mail.ru)

**Ivan A. OLKHOVSKY**, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Fire Engineering, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia; Moscow, Russian Federation; ID RISC: 771909, ORCID 0000-0002-7561-2517; e-mail: [250615m@mail.ru](mailto:250615m@mail.ru)