

Современные способы тушения литий-ионных аккумуляторов. Часть 4

Александр Сергеевич Харламенков ✉

Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Представлены статистические данные, отражающие состояние парка электромобилей в России. Дано описание основных сложностей, возникающих у подразделений пожарной охраны при тушении тяговых литий-ионных батарей электромобилей. Выполнен анализ существующих систем пожаротушения электромобилей, успешно применяемых в ряде зарубежных стран. Показана техническая возможность проведения эффективного тушения аккумуляторного блока с помощью воды при ее подаче непосредственно во внутреннее пространство батареи. Рассмотрены способы обеспечения пожарной безопасности в случае повторного возгорания аккумулятора электромобиля с выполнением полного погружения последнего в емкость с водой, а также покрытия кузова противопожарным полотном.

Ключевые слова: электромобиль; защита; пожарный ствол; огнетушащее копьё; гидроабразивная резка; руководство пользователя; инструкция

Для цитирования: Харламенков А.С. Современные способы тушения литий-ионных аккумуляторов. Часть 4 // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 32. № 4. С. 86–91. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.04.86-90

✉ Харламенков Александр Сергеевич, e-mail: h_a_s@live.ru

Modern methods of extinguishing lithium-ion batteries. Part 4

Aleksandr S. Kharlamenkov ✉

The State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Statistical data reflecting the state of the electric vehicle fleet in Russia are presented. The description of the main difficulties arising for firefighting departments when extinguishing traction lithium-ion batteries of electric vehicles is given. The existing fire extinguishing systems for electric vehicles successfully used in a number of foreign countries are analyzed. The technical possibility of effective extinguishing of the battery pack with the help of water when it is supplied directly into the internal space of the battery is shown. The ways of ensuring fire safety in case of repeated ignition of an electric car battery with performance of full immersion of the latter in a container with water, and also covering the body with a fireproof cloth are considered.

Keywords: electric vehicle; protection; fire barrel; fire extinguishing lance; waterjet cutting; user manual; instruction

For citation: Kharlamenkov A.S. Modern methods of extinguishing lithium-ion batteries. Part 4. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2023; 32(4):86–90 (rus.). DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.04.86-90 (rus.).

✉ Aleksandr Sergeevich Kharlamenkov, e-mail: h_a_s@live.ru

ВОПРОС



В рубрике «Вопрос – ответ» журнала № 3 за 2023 г. [1] была отмечена необходимость разработки единого порядка действий собственников и пожарных подразделений при нарушениях в работе аккумуляторного блока электромобиля и развитии пожароопасной ситуации, требующей организации эффективного тушения пожара. В существующих

руководствах пользователя отсутствуют сведения о типе, длительности и количестве огнетушащего вещества для обеспечения локализации и ликвидации горения аккумуляторного блока¹.

¹ Safety Risks to Emergency Responders from Lithium-Ion Battery Fires in Electric Vehicles // Safety Report NTSB/SR-20/01 / National Transportation Safety Board. Washington, DC. 2020. 69 p. URL: <https://www.nts.gov>

Какие способы и средства пожаротушения применяются на практике для тушения электромобилей и какие из них считаются наиболее эффективными?

ОТВЕТ

Актуальность разработки эффективных способов тушения электромобилей в России с каждым годом стремительно набирает обороты. В 2023 г. наблюдается «взрывной» рост продаж электромобилей², которые в мае составили 880 ед., что в 8 раз превышает объемы продаж в мае 2022 г. (рис. 1). За период январь–май 2023 г. было продано более 3 тыс. ед.

Значительную часть реализуемых автомобилей (более 18 %) занимает российская марка *Evolute* (в Китае – *Dongfeng*), а также малоизвестные марки из Китая (*BYD*, *Hongqi*, *Zeekr* и др.). В руководствах пользователя на данные электромобили производители рекомендуют в случае возгорания аккумуляторного блока использовать для тушения большое количество воды без конкретных рекомендаций.

Для более детального изучения условий пожара и поиска эффективных способов тушения электромобилей требуется обобщение проведенных исследований в данной области.

Опыт тушения электромобилей в других странах показал [2], что вода является наиболее доступным и эффективным средством. При стандартной подаче воды с помощью ручных стволов [3, 4] был выявлен ряд проблем³:

- для тушения аккумуляторного блока электромобиля требуется от 5–10 тонн (до 10 м³) воды с привлечением большого числа пожарной техники при отсутствии вблизи пожарных гидрантов;

² Информация аналитического агентства «Автостат». URL: <https://www.autostat.ru/news/54833/> (дата обращения: 05.06.2022 г.).

³ Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results // Final Report. Fire Protection Research Foundation. 2013. 207 p. URL: <https://www.nfpa.org>

- в среднем длительность тушения составляет 7 ч (с подачи воды на охлаждение внешней оболочки аккумуляторного блока и устранение новых очагов воспламенения отдельных аккумуляторных ячеек);
- имеются сложности подачи воды для охлаждения корпуса аккумуляторного блока и непосредственно в очаг пожара, расположенный в нижней части электромобиля;
- присутствует опасность выброса пламени и поражения огнеборца электрическим током при попытке вскрытия корпуса аккумуляторного блока ручным пожарным инструментом;
- до момента подачи воды на тушение требуется выполнить отключение аккумуляторного блока от сети электромобиля;
- после успешной ликвидации пожара и эвакуации электромобиля возникают повторные возгорания аккумуляторного блока в течение суток;
- продукты горения вместе с водой при попадании в почву и воду наносят экологический ущерб (требует отдельной оценки).

Результаты анализа показывают, что быстрый доступ к очагу возгорания (к ячейке) в аккумуляторном блоке может сократить время подачи и количество огнетушащих веществ за счет охлаждения соседних (не поврежденных) ячеек и локализации горения только в пределах поврежденных ячеек. Достижение данной цели может быть реализовано за счет использования системы пожаротушения (газового или водяного) [5] с прокладкой трубопровода непосредственно над корпусом (или в корпусе) аккумуляторного блока с отводами к каждой секции ячеек для точечной подачи огнетушащего вещества. Так как перевозка и хранение запаса огнетушащего вещества в самом электромобиле требует дополнительного пространства, то можно ограничиться прокладкой сухотруба с внешним выводом, через который может подаваться вода пожарными подразделениями.

Существующие тяговые батареи электромобилей не имеют специально предусмотренных каналов для подачи огнетушащего вещества, поэтому ведется активный

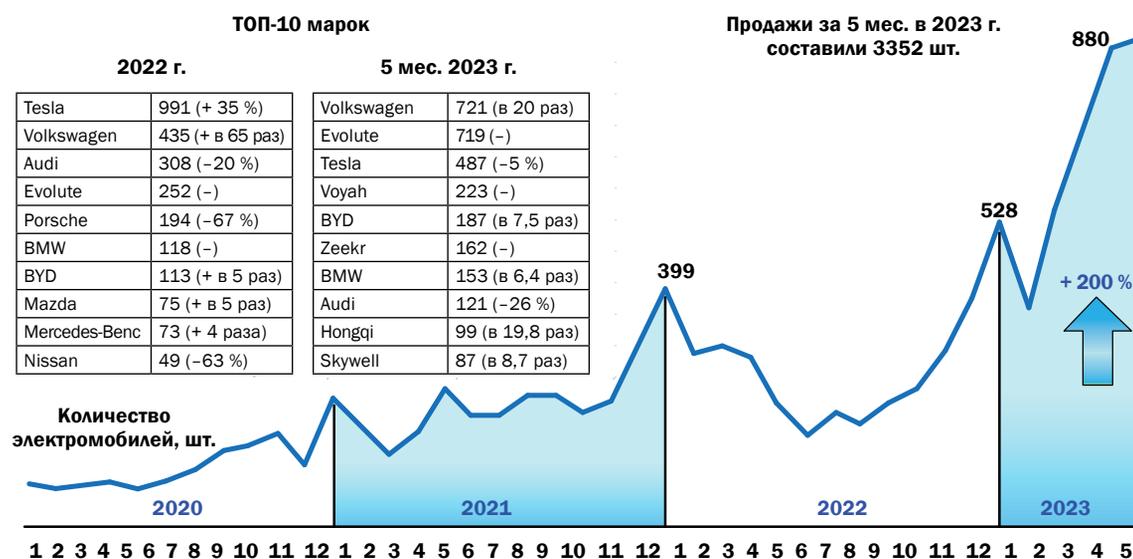
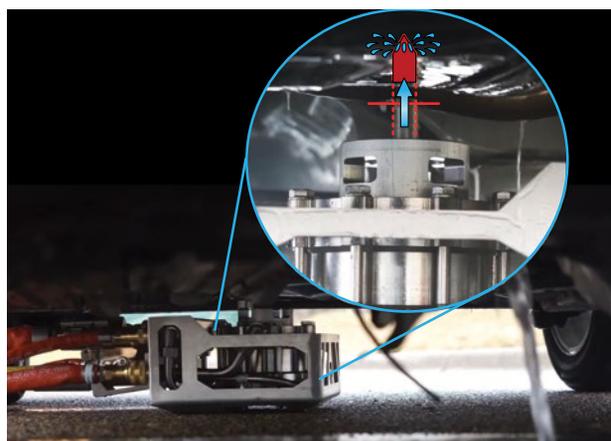


Рис. 1. График роста продаж электромобилей в России по состоянию на май 2023 г.



а



б

Рис. 2. Система пожаротушения электромобилей от компании «Rosenbauer»: а – общий вид установки; б – принцип подачи воды на тушение батареи

поиск и разработка технических решений, обеспечивающих подачу воды во внутреннюю часть оболочки аккумуляторного блока.

Так, известный мировой производитель пожарной техники «Rosenbauer»⁴ разработал эффективную систему пожаротушения (рис. 2), состоящую из блока пожаротушения и блока управления, которые соединяются друг с другом шлангами. Принцип действия системы заключается в подаче воды для тушения и охлаждения аккумуляторного блока через отверстие в днище электромобиля, создаваемое с помощью специального перфорированного ствола-шипа с расходом около 30 л/мин при давлении 6,8 атм. Управление системой осуществляется с безопасного расстояния (около 8 м). За счет подачи воды непосредственно во внутреннее пространство аккумуляторного блока достигается быстрая локализация пожара и снижение выброса ядовитых газов. Время тушения с помощью данной системы составляет 10–60 мин.

Похожий способ тушения электромобилей с помощью «огнетушащего копья» предлагает немецкая фирма «Murer»⁵. Данный способ тушения заключается в подводе воды во внутренние отсеки аккумуляторного блока путем прокола отверстия со стороны салона автомобиля нако-

печником (копьем) за счет удара кувалдой по специальной пластине. Расход воды составляет 40 л/мин. Пожарный ствол выполнен из нержавеющей стали с изолированной ручкой на напряжение до 1 кВ, удлиняемыми насадками (0,5, 0,75 и 1 м) и соединительной одноймбовой головкой (диаметр 25,4 мм) для подключения пожарного рукава (рис. 3). Российским аналогом «огнетушащего копья» может служить ствол-лом или ствол-пробойник.

В натуральных испытаниях, проведенных Шведским агентством по чрезвычайным ситуациям (MSB) [6], высокую эффективность показала установка пожаротушения с гидроабразивной резкой «Cobra Ultra High Pressure Lance»⁶ с расходом воды 58 л/мин под давлением 300 атм (рис. 4).

Главным преимуществом режущего ствола являлась непрерывность подачи воды в процессе создания отверстия в корпусе аккумуляторного блока. Это позволило избежать опасных выбросов пламени, имеющих место при пробое корпуса «огнетушащим копьем» или обычным пожарным ломом. Время тушения аккумуляторного блока электромобиля составило 10 мин. Половину этого времени заняла резка водой с абразивом. Общий расход воды на резку и тушение составил 750 литров. Следует отметить, что данная система пожаротушения имеется на вооружении у некоторых российских подразделений пожарной охраны.

⁴ Официальный сайт компании «Rosenbauer». URL: www.rosenbauer.com (дата обращения: 12.06.2022 г.).

⁵ Официальный сайт компании «Murer». URL: www.murerfeuerschutz.de (дата обращения: 15.06.2022 г.).

⁶ Официальный сайт компании «Cold Cut Systems». URL: <https://www.coldcutsystems.com> (дата обращения: 17.06.2022 г.).



а



б

Рис. 3. Система пожаротушения электромобилей от компании «Murer»: а – общий вид установки; б – устройство «огнетушащего копья»



Рис. 4. Система пожаротушения электромобилей «Cobra»

Полноценное применение рассмотренных выше систем пожаротушения не требует привлечения большого числа пожарных подразделений. Пожар в аккумуляторном блоке может быть потушен от одной (двух) пожарных цистерн. Для температурного контроля охлаждения батареи рекомендуется дополнительно использовать тепловизор и отдельный пожарный ствол для охлаждения аккумулятора в период разворачивания системы с последующей подачей воды во внутреннюю часть батареи. Единственным минусом представленных систем в процессе их применения является механическое повреждение корпуса аккумуляторного блока и отдельных, в том числе не подверженных температурному нагреву, ячеек и модулей по причине отсутствия предусмотренных отверстий для подачи огнетушащего вещества. В связи с этим разработка конструкции аккумуляторного блока с заранее предусмотренными местами подачи огнетушащего вещества является целесообразной.

Для предотвращения повторного возгорания батареи пожарные в ряде европейских стран применяют метод погружения всего электромобиля в специальный контейнер (рис. 5), заполненный водой с добавлением поверхностно-активных веществ (смачивателей) [7].

Отдельные производители рекомендуют использовать для ограничения распространения пламени и продуктов горения противопожарное полотно, которым можно покрыть горящий электромобиль, изолировав его от соседних транспортных средств на парковочных местах. Полотно также позволяет ограничить поступление кислорода в очаг пожара и снизить температуру пламени⁷ (рис. 6).

Таким образом, в ряде стран, где электромобили пользуются большой популярностью, разработаны эффективные способы тушения пожара при возгорании аккумуляторного блока. При этом остается неопределенность в последовательности действий пожарно-спасательных служб при возникновении пожаров с участием электромобилей. В действующих нормативных документах большинства стран отсутствуют подробные инструкции для таких случаев. Следовательно, важной составляющей успешного тушения пожара будет являться наличие руководства по тушению пожара, в котором будут представлены сведения о применяемых системах и средствах пожаротушения, технике и другого пожарного оборудования.

⁷ Kathrine A. EV fire blanket test. Centro Zaragoza tests the Bridgehill reusable fire blanket on an electric vehicle. 2023. URL: <https://bridgehill.com/news-insights/ev-fire-blanket-test> (дата обращения: 20.06.2023 г.).



Рис. 5. Погружение электромобиля в контейнер с водой

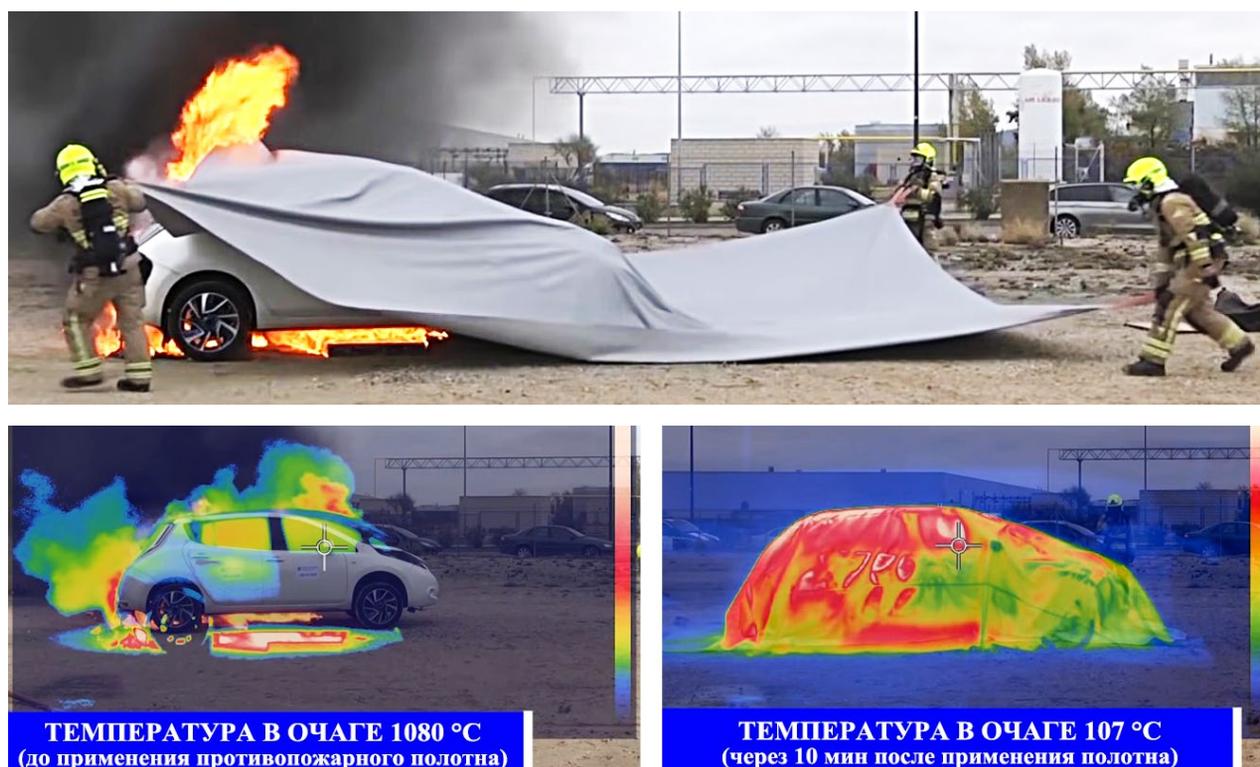


Рис. 6. Применение противопожарного полотна для тушения электромобиля

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Харламенков А.С. Современные способы тушения литий-ионных аккумуляторов. Часть 3 // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 32. № 3. С. 93–98. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.03.93-98
2. Lesiak P., Morka P., Pietrzela D. Methods used to extinguish fires in electric vehicles // Safety & Fire Technology. 2021. Vol. 58. Pp. 38–57. DOI: 10.12845/sft.58.2.2021.3
3. Luo W-T., Zhu S-B., Gong J.-H., Zhou Z. Research and development of fire extinguishing technology for power lithium batteries // Procedia Engineering. 2018. Vol. 211. Pp. 531–537. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.12.045
4. Sun P., Niu H., Bisschop R., Huang X. A review of battery fires in electric vehicles // Fire Technology. 2020. Vol. 56. Issue 4. Pp. 1361–1410. DOI: 10.1007/s10694-019-00944-3
5. Королев А.А., Лоскутов Н.В., Сергиенко А.Н. Электрокары и проблема тушения литий-ионных батарей // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения : мат. Всеросс. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 22 апреля 2021 г.). СПб., 2021. С. 255–259. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46291482>
6. Demonstration of extinguishing method for lithium ion batteries : Method application at different levels of aggregation – module, sub-battery, electric car pack and vehicle level. MSB. Unit Fire and rescue. 2023. 42 p. URL: [ites/default/files/2023-03/Putting%20out%20battery%20fires%20with%20water.pdf](https://www.msb.se/globalassets/2023-03/Putting%20out%20battery%20fires%20with%20water.pdf) (дата обращения: 15.06.2022 г.).
7. Kolbasov A.F., Karpukhin K., Dvoenko O.V., Olkhovsky I.A. The main approaches to the system of fire extinguishing and elimination of consequences of accidents of electric vehicles // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 867. Issue 1. P. 012092. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012092

Материал поступил в редакцию 30.06.2023

Received June 30, 2023

Информация об авторе

ХАРЛАМЕНКОВ Александр Сергеевич, заместитель начальника кафедры специальной электротехники, автоматизированных систем и связи, Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 763967; e-mail: h_a_s@live.ru

Information about the author

Aleksandr S. KHARLAMENKOV, Deputy Head of Department of Special Electrical Engineering, Automation Systems and Communication, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 763967; e-mail: h_a_s@live.ru