

## ПОЖАРЫ ТРАНСПОРТА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ И СПОСОБЫ ИХ ТУШЕНИЯ

Иощенко Д. А.

Заместитель начальника УНК ПиАСТ- начальник научно-исследовательского  
отдела ПиАСТ

Ольховский И. А.

Кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной техники

Лебедев А. Н.

Старший научный сотрудник НИО ПиАСТ УНК ПиАСТ

Аршаев Б. Е.

Слушатель

Электронная почта: dragee2721@mail.ru

**Аннотация:** При тушении пожаров электроустановок под напряжением существует вероятность поражения электрическим током. В последнее время электроустановки приобрели новый вектор внедрения – электромобили. Рассмотренные конструктивные особенности электромобилей показывают, что потенциальными источниками пожарной опасности, представляющие проблему при ликвидации очагов горения являются литий-содержащие аккумуляторные батареи и токоведущие элементы цепи.

**Ключевые слова:** пожар электроустановок, утечка тока по струе, импульсная подача огнетушащего вещества, метод тушения, пожар электромобиля.

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. Существует три типа питания электромобилей: комбинированные двигательные установки, внешние сети, генерация электроэнергии на топливных ячейках с использованием водорода. Их объединяет способ накопления и реализации электроэнергии – аккумуляторная батарея (АКБ) и электродвигатели. Использование АКБ большой емкости и наличие электрооборудования под высоким напряжением представляет повышенную опасность, что говорит о необходимости предусмотреть средства пожаротушения, обеспечивающие эффективность и безопасность в случае аварийной ситуации.

Мировой спрос на электромобили ежегодно растет (рисунок 1). Некоторые государства поддерживают развитие электромобилей, обеспечивая

их владельцев привилегиями в виде освобождения от налогов, бесплатных парковок и т.д. Это связано с высокой экологичностью [3, 4].

Согласно данным Centre for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg – ZSW в мире по итогам 2021 года насчитывалось более 12,6 млн. электромобилей [5].

Среди регионов самая большая динамика роста количества электромобилей в 2021 г. наблюдается в Китае (54%), на втором месте - Европа (19%) и на третьем - США (18%) [5].

На начало 2021 года в Российской Федерации по данным аналитического агентства «АВТОСТАТ» насчитывается более 10,8 тыс. электромобилей [6].

Из диаграммы (рисунок 1), наглядно видно, что среднегодовой прирост в период 2017-2021 г. количества электромобилей вторичного рынка составляет 230%, а новых автомобилей 51%.

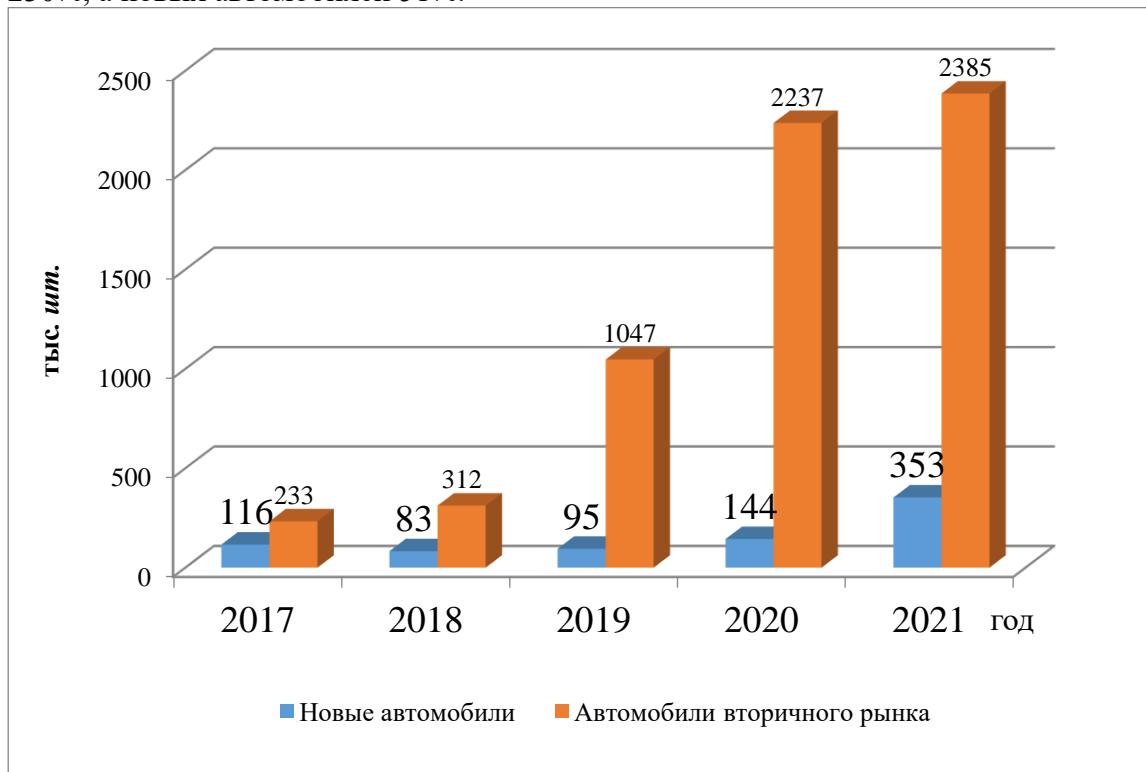


Рис. 1– Количество электромобилей в Российской Федерации за 2015-2019 гг.  
[6]

Одним из важных представителей транспортных средств на электрической тяге в Российской Федерации являются электробусы. Сегодня на линиях общественного транспорта г. Москвы работают более 600 единиц, [7 - 9].

Проблемой, для решения которой до сих пор в мире не выработано совершенных методов, является пожары транспорта на электрической тяге [10 -

15]. В мировых новостных источниках достаточно часто появляется информация об очередном возгорании электромобиля.

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 при подаче огнетушащих средств в очаг пожара от высоковольтных токоведущих элементов электроустановки.

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 оборудования. Однако, в случае возгорания электромобиля, невозможно спрогнозировать в районе какой пожарной части это произойдет и на сколько она будет оснащена соответствующим оборудованием, а напряжение тока в системах электропитания электромобилей 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 тем, что при тушении данных пожаров для оператора, проводящего тушение, возможно развитие самых неблагоприятных сценариев: взрыв, поражение электрическим током, выделение высокотоксичных ядов и т.д. [17].

Главным источником пожара в электромобиле является батарея высокого напряжения (рисунок 2) и токоведущие элементы цепи, находящиеся под напряжением 380-400 В.

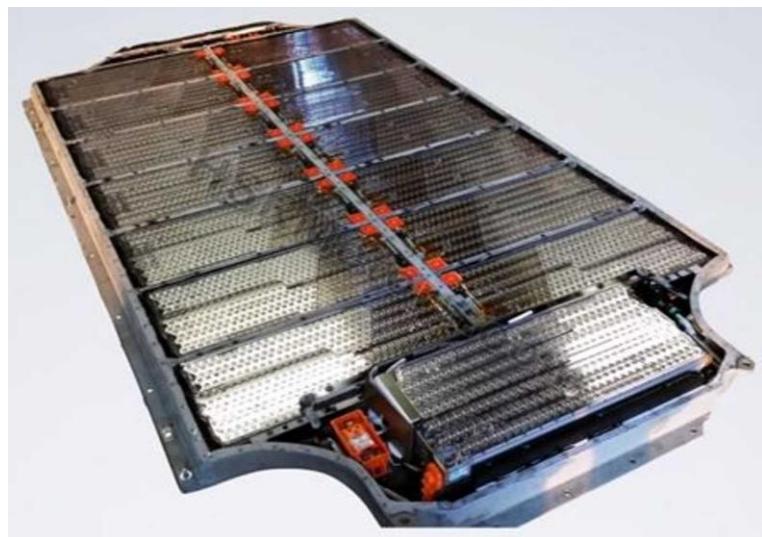


Рис. 2 – Батарея электромобиля Tesla.

Причины пожаров электрокаров по причинам возникновения можно условно разделить на две категории: в результате дорожно-транспортное происшествия (далее – ДТП) и пожар в результате самовозгорания.

ДТП, в результате которых происходит повреждение батареи, являются наиболее частой причиной пожаров электромобилей. Один, наиболее яркий из таких пожаров произошел в октябре 2013 года: двигающийся 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 (рисунок 3).



Рис.3 – Пожар автомобиля марки Tesla после наезда на препятствие

Это позволяет сделать вывод, что самовозгорание электромобиля также может являться рядовой причиной.

Один из последних пожаров, по причине самовозгорания, произошел 21 апреля 2019 в Шанхае – автомобиль Tesla Model S, стоявший на паркинге, начал выделять дым, а затем взорвался, что привело к распространению пламени на рядом стоящие автомобили (рисунок 4).



Рис. 4 – Самовозгорание Tesla Model S в г. Шанхай

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 следующем: чтобы потушить электромобиль, его необходимо поместить в емкость с не менее  $18\text{ м}^3$  воды и выдержать карантин автомобиля не менее 48 часов.

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 [18]. 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 размыкание цепи аккумуляторной батареи.

В данном документе [18] 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 11000 литров. Данные требования подтверждаются проведенными экспериментами.

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

- автопроизводители достаточно часто вносят изменения и проводят рейстайлинг базовых моделей;
- изменения конструкции электромобилей вторичного рынка, которые могли произойти в результате непрофессионального обслуживания.

Следовательно, в момент пожара оперативно актуализировать информацию об расположении токоведущих магистралей невозможно. Неверно проведенные работы по отключению электропитания могут стоить 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 [19, 20].

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

Тушение пожаров электрооборудования под напряжением всегда было одним из важнейших вопросов в области пожаротушения, изучению которого посвящены труды таких ученых, как: А.К. Микеев, М.В. Алешков, А.А. Колбасин, В.Д. Федяев, И.А. Гусев [21, 22]. Однако, в своих работах они рассматривали средства тушения пожаров электрооборудования под напряжением, которые имели непрерывную струю огнетушащих веществ (далее - ОТВ) и при использовании различных ОТВ возникал ток утечки (рисунок 5), в связи с чем, определялись безопасные условия применения рассматриваемых систем и средств пожаротушения, соблюдение которых в условиях пожара крайне затруднительно.

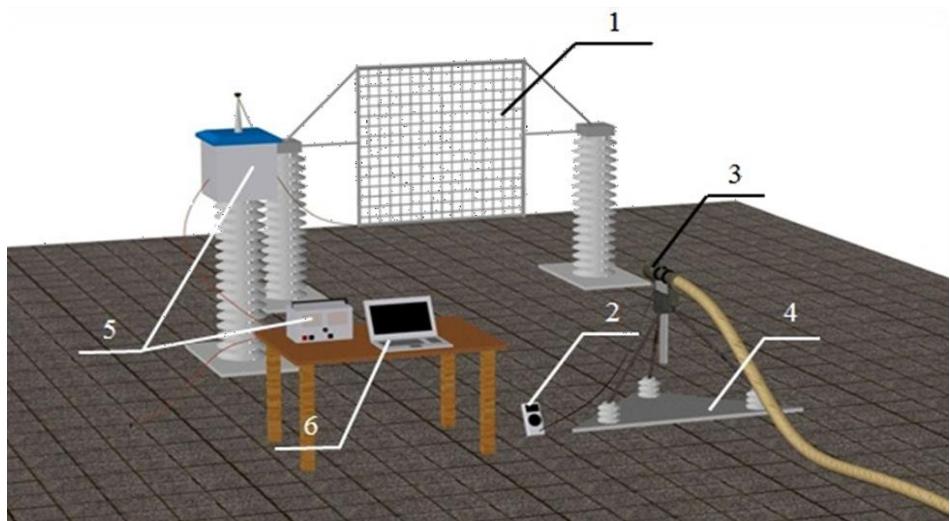


Рис. 5 – Эксперимент по определению тока утечки по струе ОТВ [26] :  
1 – мишень, 2 – мультиметр, 3 – испытываемое устройство, 4 – изолирующая подставка, 5 – аппарат испытания диэлектриков «АИД-70М», 6 – компьютер для приема данных.

Для тушения электроустановок находящихся под напряжением предлагается использование системы пожаротушения, особенностью которых является импульсная подача ОТВ. 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 – стволщик» основной её проводник – неразрывную струю различных ОТВ.

В результате предлагается определить способ тушения и разработать требования по созданию средств оперативного пожаротушения, обеспечивающих 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 литий содержащими 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.

### Литература

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.
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.
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 сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции. -2018. -4т. -С. 15-17.
5. Global E-car Count Up from 3.4 to 5.6 Million // Zentrum für Sonnenenergieund 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.
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-policybrief-June2019-V6%20WEB%20-%20OK\\_0.pdf](https://www UITP.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP-policybrief-June2019-V6%20WEB%20-%20OK_0.pdf) (дата обращения 04.06.2020)
10. Колчин В.В., Круголапов А.С. Пожарная безопасность электромобилей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. -2018. -Т. 1. -№ 9. -С. 417-419.
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. N. Nitta, F. Wu, T. Lee and G. Yushin Li-Ion Battery Materials: Present and Future / Materials Today, -2015, vol. 18, pp. 252-264.
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. A. Lebkowski Electric Vehicle Fire Extinguishing System / Przeglad Elektrotechniczny, -2017, vol. 93, pp. ISSN 0033-2097.
16. Раздувание огня: все ли электромобили пожароопасны // Известия. -2019. URL: <https://iz.ru/871987/evgenii-bagdasarov/razduvanie-ognia-vse-li-elektromobili-pozharoopasny> (дата обращения 16.04.2020).
17. Ляшенко С.М., Блохин А.А. Пожарная безопасность электромобилей как элемент системы пожарной безопасности автотранспорта и пути ее совершенствования // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной Год культуры безопасности. -2018. С. 48-51.
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. Сборник научных трудов по материалам III международной научной конференции. Международная Научно-Исследовательская Федерация «Общественная наука». -2017. С. 17-18.
20. Ендачев Д.В. Шорин А.А., Карпухин К.Е. Электрическая безопасность автомобилей с комбинированной энергоустановкой и электромобилей // Журнал автомобильных инженеров. -2016. -№ 6 (101). -С. 58-63.
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.
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.