

## Пожарная опасность применения литий-ионных аккумуляторов в России

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

Проведен анализ случаев возникновения возгораний и взрывов от литий-ионных аккумуляторов в Российской Федерации за последние пять лет. Рассмотрены различные типы конструкций литий-ионных аккумуляторов и их пожарная опасность. Дано описание процесса теплового разгона аккумулятора с его последующим воспламенением и/или взрывом. Представлена обобщенная схема возможных причин возгорания литий-ионного аккумулятора, связанных с внутренними и внешними факторами. Показаны возможные пути снижения пожаровзрывоопасных случаев при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте батарейных блоков.

**Ключевые слова:** пожароопасность; тепловой разгон; короткое замыкание; механическое повреждение; горючие газы

**Для цитирования:** Харламенков А.С. Пожарная опасность применения литий-ионных аккумуляторов в России // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 3. С. 96–102.

 Харламенков Александр Сергеевич, e-mail: h\_a\_s@live.ru

## The fire hazard of the use of lithium-ion batteries in Russia

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

The authors have analyzed the cases of fires and explosions caused by lithium-ion batteries in the Russian Federation over the past five years. Various types of designs of lithium-ion batteries and their fire hazards are considered. A description of the process of thermal runaway in a battery and its subsequent ignition and/or explosion is provided. A generalized chart of possible causes of ignition of a lithium-ion battery, triggered by internal and external factors, is presented. Ways to reduce fire and explosion hazards during the storage, operation, maintenance and repair of battery packs are shown.

**Keywords:** fire hazard; thermal runaway; short circuit; mechanical damage; combustible gases

**For citation:** Kharlamenkov A.S. The fire hazard of the use of lithium-ion batteries in Russia. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2022; 31(3):96-102 (rus.).

 Aleksandr Sergeevich Kharlamenkov, e-mail: h\_a\_s@live.ru



### ВОПРОС

За последние 5 лет в средствах массовой информации появляется все больше сообщений о пожарах и взрывах, связанных с механическим повреждением и неисправностью аккумуляторных батарей (далее АКБ). Значительное число опасных случаев происходит в процессе эксплуатации электроприборов различного назначения, начиная от электронных сигарет, сотовых телефонов и портативных аккумуляторов (power bank), заканчивая электро-самокатами и велосипедами. Также имеют место пожары на электропогрузчиках, электромобилях и электробусах.

Так как официальная статистика по числу пожаров от АКБ отсутствует, то можно опираться на информацию из отрывочных источников об отдельных случаях возгораний и взрывов аккумуляторов в РФ (см. табл.).

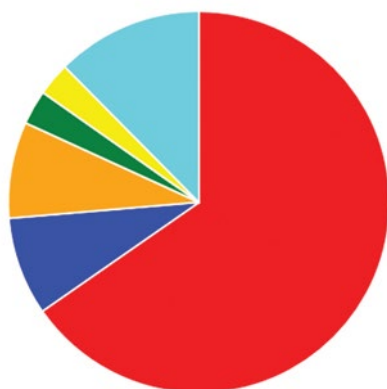
Следует отметить, что в настоящее время не существует методических рекомендаций по установлению причастности литий-ионных аккумуляторов к пожару, регламентированного порядка осмотра места пожара при отработке данной версии, а также методики исследования аккумуляторов в рамках проведения пожарно-технической судебной экспертизы с использованием современных инструментальных методов [1].

## Случаи возгораний и взрывов литий-ионных аккумуляторов в РФ за 2018–2022 гг.

Тип устройства (изделия)	Дата события	Краткое описание события
Сотовый телефон	июль 2019 г.	Семилетний ребенок в г. Кургане погиб в результате взрыва смартфона
	сентябрь 2019 г.	14-летняя школьница погибла при взрыве смартфона, оставленного ночью на подзарядку
	22 октября 2019 г.	В г. Москве госпитализирован 18-летний юноша с тяжелыми ожогами от взорвавшегося в кармане смартфона
	2020 г.	В Волгограде ребенок собирался в школу и положил смартфон в карман брюк. Через время почувствовал, как гаджет сильно нагрелся. При попытке достать его из одежды телефон взорвался. Мальчик был госпитализирован с травмами кистей
	29 апреля 2021 г.	54-летний житель г. Санкт-Петербурга получил сильные ожоги после взрыва смартфона, находящегося в кармане куртки
Система нагревания табака (электронная сигарета)	октябрь 2019 г.	У 20-летнего гражданина РФ в г. Перми в руках взорвалась электронная сигарета во время проведения ее ремонта. В результате воспламенения одежды мужчина получил 5 % ожогов тела
	2021 г.	Ученик 47-й гимназии г. Екатеринбурга получил серьезные повреждения лица и рук в результате взрыва электронной сигареты во рту у подростка
	30 мая 2022 г.	На юге г. Москвы взорвалась электронная сигарета при попытке зарядить устройство до 100 %. 21-летний мужчина получил термический и химический ожоги 2-й степени, а также ожог 3-й степени на правой ноге
Портативный аккумулятор (power bank)	22 июня 2021 г.	Портативный аккумулятор взорвался в кармане 25-летнего мужчины. Устройство не было подсоединено к телефону и находилось в заряженном состоянии. Мужчина получил ожоги руки и бедра
Робот-пылесос	2021 г.	Ночью в результате короткого замыкания аккумуляторных батарей загорелся робот-пылесос, который стоял на подзарядке
Электросамокат (велосипед, скутер и т.п.)	март 2021 г.	В результате пожара в многоквартирном доме в г. Сочи погибли 43-летний мужчина и его 13-летний сын. Основной причиной возгорания считается взрыв батареи электросамоката
	апрель 2021 г.	В квартире г. Санкт-Петербург взорвался аккумулятор электросамоката, оставленного заряжаться на ночь. Молодой человек попал в реанимацию с многочисленными ожогами, травмы также получила его подруга, а их собаку спасти не удалось
	14 апреля 2022 г.	В одной из квартир в Новой Москве произошел пожар, в котором погиб 26-летний мужчина. Причиной стал взрыв батареи электросамоката заводского производства
	май 2022 г.	Один человек погиб и еще пятеро пострадали из-за возгорания электросамоката в столичной квартире. Электронный девайс заряжался ночью и был подключен к розетке у подножия кровати
Электропогрузчик	28 января 2018 г.	Произошло возгорание электропогрузчика на одном из предприятий г. Вологды
Электромобиль	август 2019 г.	В г. Москве водитель электромобиля не заметил припаркованный эвакуатор и боком врезался в него. Электрокар воспламенился, а потом дважды сдетонировал аккумулятор. Водитель попал в больницу с переломами носа и ноги
Электробус	20 сентября 2021 г.	Воспламенился вспомогательный аккумулятор под кабиной водителя на электробусе модели КамАЗ-6282. Пламя сильно повредило электробус, но не добралось до тяговых аккумуляторов. Инцидент привел к списанию многомиллионной машины
	октябрь 2021 г.	Загорелся моторный отсек электробуса КамАЗ-6282, направляющегося в парк без пассажиров. Водитель смог устранить горение своими силами
	26 января 2022 г.	В г. Москве загорелся электробус марки КамАЗ. Очаг возгорания на этот раз находился под кабиной водителя. При происшествии никто не пострадал

## Распределение импорта по странам

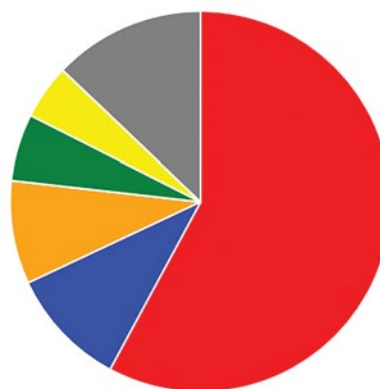
Китай – 65,34 %    Малайзия – 8,32 %  
 Япония – 8,17 %    Вьетнам – 2,92 %  
 США – 2,83 %    Остальные – 12,42 %



a

## Региональная структура импорта

Москва – 57,88 %    Ленинградская область – 10,12 %  
 Санкт-Петербург – 8,79 %    Московская область – 5,76 %  
 Приморский край – 4,66 %    Остальные – 12,89 %



b

Рис. 1. Импорт литий-ионных аккумуляторных батарей в Россию: а – по странам мира; б – по регионам РФ

По состоянию на 2021 г. более 70 % населения России пользуются смартфонами, а к 2025 г. это значение должно достигнуть 80 %<sup>1</sup>.

По прогнозам российский рынок систем нагревания табака с 2018 по 2023 г. увеличится на 411,1 % [2]. При этом за первые четыре месяца 2022 г. общий объем продаж электронных сигарет сократился на 16,1 %, что частично связано с повышением в 2022 г. акциза на системы нагревания табака и жидкостей для этих систем.

Начиная с 2016 г. в России наблюдается планомерный рост продаж портативных аккумуляторов, который в среднем составляет 23 % в год. При этом аккумуляторы с большей емкостью пользуются на сегодняшний день значительным спросом (более 30 % от общего объема продаж).

По статистическим данным внешней торговли<sup>2</sup> импорт литий-ионных аккумуляторов в Россию за период с 2020 по 2021 г. составил более 12 млн ед. В среднем годовой прирост составляет более 16 %.

<sup>1</sup> Мобильная экономика. Россия и СНГ 2020 // GSMA Intelligence. 2020. № 12. URL: [https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/12/GSMA\\_MobileEconomy2020\\_RussiaCIS\\_Rus.pdf](https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/12/GSMA_MobileEconomy2020_RussiaCIS_Rus.pdf) (дата обращения: 25.05.2022).

<sup>2</sup> Статистика внешней торговли России. Анализ онлайн // Портал СтатИмЭкс. 2021. URL: <https://statimex.ru/statistic/8507600000/import/202002-202102/world/RU> (дата обращения: 26.05.2022).

## ОТВЕТ

В существующем статистическом сборнике «Пожары и пожарная безопасность» [5], ежегодно издаваемым ВНИИПО, не отражены данные о числе пожаров от таких видов изделий, как электронные сигареты, сотовые телефоны, электросамокаты и др. Возможно, они входят в список «прочих изделий, устройств», но имеет смысл вынести их отдельными пунктами в таблицу

Более 65 % аккумуляторных батарей прибывает в Россию из Китая (см. рис. 1, а).

Основной объем прибывающего товара сконцентрирован в г. Москве (более 57 %), на Ленинградскую область и г. Санкт-Петербург приходится около 19 % от общего количества аккумуляторов (см. рис. 1, б).

С января по апрель 2022 г. штучные продажи электротранспорта выросли более чем в 2 раза по сравнению с аналогичным периодом в 2021 г. [3]. Около 85 % продаж пришлось на электросамокаты, 10 % – на электровелосипеды и 5 % – на моноколеса и гироскутеры.

Только за первый квартал 2022 г. число проданных электромобилей возросло в 2,6 раза (827 ед.) по сравнению с предыдущим годом [4].

В период с июня 2021 г. по июнь 2022 г. число электробусов в г. Москве увеличилось в 1,5 раза и составило чуть более 1000 ед.<sup>3</sup>

Такое положение дел указывает на повышение опасности, связанной с пожарами от литий-ионных аккумуляторов в нашей стране.

Каковы же причины возникновения пожаров от данных видов аккумуляторов, и все ли типы литиевых аккумуляторов способны гореть и взрываться, создавая источники зажигания?

<sup>3</sup> Статистика подвижного состава // Интернет-сайт «Городской электротранспорт». 2022. URL: <https://transphoto.org/show.php?t=9&cid=1> (дата обращения: 30.05.2022).

статистических показателей для анализа ухудшения или улучшения пожарной обстановки в указанной области применения электрооборудования.

Начиная с 70-х гг. XX в. развитие литий-ионных аккумуляторов получило стремительное развитие. Первыми моделями перезаряжаемых АКБ, с использованием в качестве носителей заряда ионов лития, стали аккумуля-

муляторы с анодом из металлического лития и катодом из дисульфида титана или дисульфида молибдена [6]. Позднее, в 1980-х гг., материал катода был заменен на литированный оксид кобальта ( $\text{LiCoO}_2$ ). Данные типы аккумуляторов представляли высокую пожарную опасность, так как в процессе их перезарядки осаждаемые на аноде ионы лития образовывали древовидные структуры, называемые дендритами (металлические усы). В результате повторных циклов перезарядки аккумуляторов происходил активный рост дендритов и повреждение разделяющего слоя (сепаратора<sup>4</sup>) между отрицательным и положительным электродами. Это приводило к резкому разряду аккумулятора (короткое замыкание) с выделением большого количества тепла. При достижении температуры 70–90 °С литий начинал взаимодействовать с электролитом (раствор солей лития) с выделением различных горючих газов [7]. Процесс реакции способствовал дальнейшему нагреву внутри корпуса батареи, и при достижении температуры 180 °С оксид кобальта (катод) начинал разлагаться с выделением кислорода, который вступал в реакцию с литием. Последний, при достижении его температуры самовоспламенения (от 179 °С<sup>5</sup>), начинал гореть, усиливая выделение газов и продолжая повышать температуру внутри корпуса. В конечном счете происходило повреждение корпуса аккумулятора с последующим выбросом пламени или взрывом.

Попытки борьбы с образованием на поверхности анода дендритов ведутся и по сей день. Для этих целей ученые ищут пути устранения или замедления образования металлических усов за счет использования различных видов покрытий (пленок) на границе электролита и литий-металлического анода, улучшающих свойства естественной пассивной пленки (Solid Electrolyte Interface), формирующейся при первоначальной зарядке литий-ионного аккумулятора [8–10].

<sup>4</sup> Сепараторы литий-ионных аккумуляторных батарей обычно выполняются в виде мембраны из пористого полипропилена, ограничивающей движение ионов от одного электрода к другому. Сепараторы выполняют защитную функцию. В случае излишнего нагрева электролита батареи мембрана способна практически полностью блокировать движение ионов, тем самым останавливая химическую реакцию и перегрев корпуса аккумулятора.

<sup>5</sup> Международная карта химической безопасности (ICSC). Литий // База данных ICSC. International Labour Organization (ILO). 2022. URL: [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_version=2&p\\_card\\_id=0710&p\\_lang=ru](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_version=2&p_card_id=0710&p_lang=ru) (дата обращения: 02.06.2022).

В отдельных исследованиях, путем повышения давления (уплотнения) ячеек аккумулятора до 350 кПа, удалось добиться исключения образования дендритов и практически идеального распределения лития на поверхности анода [11]. Представленные способы по снижению вероятности возникновения коротких замыканий из-за роста дендритов имеют важное значение для дальнейшей разработки современных электромобилей. Ведь аккумуляторы с анодом из металлического лития имеют меньший вес по сравнению с аналогичными из графита, что в конечном счете будет влиять на общий вес автотранспортного средства.

Замена в 1990-х гг. материала анода с металлического лития на графит частично снизила пожарную опасность литий-ионных батарей, но не исключила ее полностью. С образованием дендритов было покончено, но при наличии внутренних механических дефектов и выполнении некачественной сборки, а также перегреве электролита в процессе зарядки АКБ происходил запуск реакции «самоуразгона», описанной выше и представленной на рис. 2.

Похожий процесс наблюдался в случаях неисправности систем защиты и ограничения напряжения (сенсоры, контроллеры, балансиры заряда, устройства «положительного температурного коэффициента» (PTS), устройства прерывания тока (CID) и т.д.<sup>6</sup>).

В общем случае можно констатировать, что развитие пожароопасной ситуации имеет место как при нормальной работе аккумуляторов, так и при их повреждении или некачественной сборке. Подробные аспекты обеспечения пожаровзрывобезопасности АКБ, с учетом требований нормативных документов, представлены в статье [12].

Общая схема развития пожароопасной ситуации в процессе эксплуатации литий-ионных аккумуляторных батарей представлена на рис. 3.

Следует понимать, что не все современные типы литий-ионных аккумуляторов представляют высокую пожарную опасность.

К ним можно отнести варианты АКБ, в которых катод взамен  $\text{LiCoO}_2$  выполняется из литий-железо-фосфата  $\text{LiFePO}_4$  или литий-марганцевой шпинели  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ . Данные виды аккумуляторов имеют меньшую стоимость, менее токсичны, более термоустойчивы и экологичны. С точки зрения

<sup>6</sup> Системы защиты, обеспечивающие безопасную работу литий-ионных аккумуляторов, будут рассмотрены в отдельной статье.

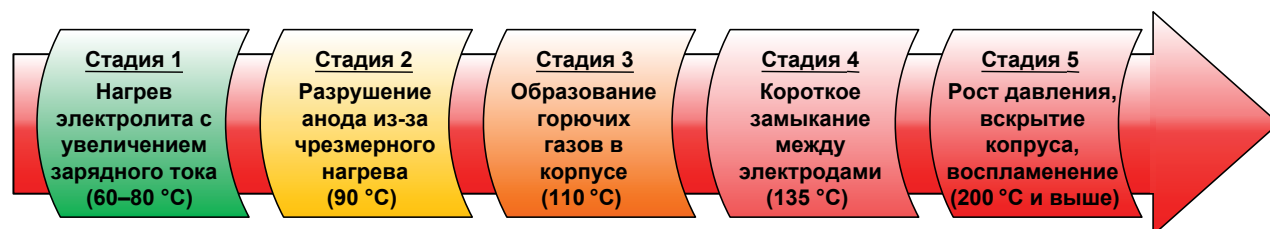


Рис. 2. Процесс теплового разгона литий-ионных аккумуляторов



Рис. 3. Схема возможных причин возгорания литий-ионного аккумулятора

пожарной безопасности данные аккумуляторы являются наиболее предпочтительными для использования, так как не воспламеняются и не взрываются.

На практике применяются литий-полимерные аккумуляторы (Li-pol), где вместо пористого пропитанного электролитом сепаратора применяется твердый полимерный электролит в виде пленки, позволяющий осуществлять обмен ионами. Конструкция позволяет изготавливать такие аккумуляторы практически любой формы и размеров. Данный тип батарей достаточно безопасен, но в силу того, что их электропроводность в стандартных температурных режимах очень низкая, они не имеют широкого распространения. Это не касается «гибридных» литий-полимерных аккумуляторов, для увеличения ионной проводимости которых к твердотельному электролиту добавляют гелеобразный (гель-полимерный электролит). Такие аккумуляторы очень чувствительны к механическим повреждениям и способны воспламениться в случае нарушения герметичности корпуса.

В обращении также имеются аккумуляторы с анодом из пентатитаната лития (литий-титанат «Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>») взамен графита. Данные аккумуляторы способны обеспечивать высокую плотность тока и скорость перезарядки даже при низких температурах окружающей среды (до минус 30 °C) и являются достаточно надежными и безопасными при использовании.

Представленные выше типы аккумуляторов постепенно вытесняют литий-кобальт оксидные, но в большинстве устройств (за исключением электромобилей) продолжают использоваться LiCoO<sub>2</sub> аккумуляторы марки

18650 и более емкие и габаритные модели марок 20700/21700/32650. Пожарная опасность применения указанных моделей связана с тем, что они устанавливаются в конечные устройства (электросамокаты и велосипеды) в виде набора n-го количества аккумуляторов (пакетов) в единую цепь – батарейный блок. Выход из строя (перегрев или воспламенение) одного элемента блока может привести к возгоранию всех ячеек, что представляет реальную опасность развития пожара. Поэтому большое внимание следует уделять не только выбору более «пожаробезопасных» типов аккумуляторов, но и разработке способов ограничения воспламенения смежных пакетов в батарейных блоках.

Фирмы-производители зачастую для снижения стоимости блоков экономят на безопасности, тем самым снижая стоимость конечной продукции. Обычному покупателю аккумуляторов не особо интересен вопрос о наличии систем безопасности, предусмотренных изготовителем, поэтому конечная (более низкая) цена будет играть решающую роль.

В качестве основных мер по снижению случаев возгораний и взрывов литий-ионных АКБ могут быть предложены варианты выполнения следующих пунктов правил безопасности:

- не оставлять батареи без присмотра во время их подзарядки;
- выполнять зарядку батарей в хорошо проветриваемых местах, не находящихся на путях эвакуации;
- не допускать нахождения вблизи мест подзарядки горючих веществ и материалов;

- не накрывать заряжаемые батарейные блоки и пакеты горючими материалами и материалами с низкой теплопроводностью;
- не заряжать батареи при отрицательных температурах;
- не допускать перегрева корпуса батарей выше 60–75 °С (в зависимости от типа аккумулятора);
- не допускать перезаряда и переразряда батареи (обычно контролируется защитными платами);
- осуществлять хранение батарей в сухих помещениях при температурах 15–25 °С;
- не допускать длительное хранение батареи в разряженном состоянии;
- не использовать батарею, имеющую вздутие и механические повреждения корпуса;
- исключать возможные механические удары о батарею в процессе ее эксплуатации;
- приобретать батареи и зарядные устройства у проверенных производителей;
- перед покупкой новых аккумуляторов или электроприборов, оснащенных ими, провести анализ наличия/отсутствия сертификатов качества и наличия систем защиты от перегрева, перезаряда, перенапряжения и т.д.;
- использовать батарейные блоки и пакеты только заводского исполнения;
- не выполнять самостоятельную замену или ремонт батарейных блоков и пакетов, если данные операции не предусмотрены инструкцией по техническому обслуживанию;
- при возгорании аккумулятора в помещении следует: выполнить его обесточивание (при подзарядке); использовать воду для охлаждения очага горения; накрыть горящие элементы негорючим материалом (асбестовое полотно или аналог); максимально снизить количество вдыхаемого воздуха с продуктами горения; обеспечить максимально возможное проветривание помещения; покинуть помещение (зону задымления).

Таким образом, чем больше пользователей будут знать о пожарной опасности аккумуляторов и предусмотренных мерах по предотвращению развития воспламенения (взрыва), тем меньше пожароопасных событий можно ожидать в будущем.

Имеет смысл включить в программы дополнительного профессионального образования по направлению «Пожарная безопасность» рассмотрение теоретических вопросов по содержанию и эксплуатации аккумуляторных батарей и работающих от них электроприборов [13].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Маслов М.А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов. Проблемы установления причастности литий-ионных аккумуляторов к пожарам в настоящее время // Актуальные проблемы борьбы с преступлениями и иными правонарушениями. 2019. № 19–1. С. 34–35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37146638>
2. Левинская А. Рынок вейпов и электронных сигарет вырастет к 2023 году в пять раз// РБК. Деловое информационное пространство. 2019. URL: <https://www.rbc.ru/business/04/09/2019/5d6e43e39a7947757c2ba18d> (дата обращения: 25.05.2022).
3. Соболев М. Продажи электросамокатов выросли минимум в два раза // Газета «Ведомости». 2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/05/05/921104-rodazhi-elektrosamokatov> (дата обращения: 28.05.2022).
4. Тимерханов А. Рынок новых электрокаров в марте вырос более чем вдвое // Аналитическое агентство «АВТОСТАТ». 2022. URL: <https://www.autostat.ru/news/51249> (дата обращения: 28.05.2022).
5. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году : стат. сб. / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М. : ВНИИПО. 2021. 112 с.
6. Кулова Т. Аккумуляторы, изменившие жизнь // Наука и жизнь. 2019. № 12. С. 2–7.
7. Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // Вестник Санкт-Петербургского Университета ГПС МЧС России. 2020. № 3. С. 14–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44108898>
8. Yu Z., Mackanic D., Michaels W., Qin J., Yi Cui. A dynamic, electrolyte-blocking, and single-ion-conductive network for stable lithium-metal anodes // *Joule*. 2019. Vol. 3. Issue 11. Pp. 2761–2776. DOI: 10.1016/j.joule.2019.07.025
9. Ren X., Zhang Y., Engelhard M.H., Li Q., Zhang J.-G., Xu W. Guided lithium metal deposition and improved lithium coulombic efficiency through synergistic effects of LiAsF<sub>6</sub> and cyclic carbonate additives // *ACS Energy Letters*. 2018. Vol. 3. No. 1. Pp. 14–19. DOI: 10.1021/acsenergylett.7b00982
10. Cheng X.B., Zhao M.Q., Chen C., Pentecostand A., Maleski K., Mathis T. et al. Nanodiamonds suppress the growth of lithium dendrites // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. No. 336. DOI: 10.1038/s41467-017-00519-2
11. Fang C., Lu B., Pawar G., Zhang M., Cheng D. Chen S. et al. Pressure-tailored lithium deposition and dissolution in lithium metal batteries // *Nature Energy*. 2021. Vol. 6. Issue. 10. Pp. 987–994. DOI: 10.1038/s41560-021-00917-3
12. Пехотилов В.А., Смелков Г.И., Назаров А.А., Грузинова О.И. Анализ нормативных требований в области обеспечения пожарной безопасности литий-ионных аккумуляторных батарей // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXXII Международной научно-практической конференции. Балашиха, 5–6 ноября 2020 г. Балашиха, 2020. С. 487–493. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44324722>

13. Серегин А.Б., Бутенко Ю.Л., Сидоренко Д.В. Пожарная опасность электросамокатов // Пожарная и техно-сферная безопасность: проблемы и пути совершенство-

вания. 2021. Т. 1. № 8. С. 367–371. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46240260>

*Материал поступил в редакцию 10.06.2022*

*Received June 10, 2022*

### **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](mailto: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 on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 763967; e-mail: [h\\_a\\_s@live.ru](mailto:h_a_s@live.ru)