

УДК 614.841.48

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ

Минкин Денис Юрьевич, Кубанов Ибрагим Наурузович

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

### АННОТАЦИЯ

Литий-ионная технология является предпочтительной электрохимической технологией накопления энергии для всё большего числа отраслей промышленности, начиная от небольших элементов в бытовой электронике и заканчивая крупномасштабными блоками для электрификации автомобильного транспорта и интеллектуальных сетей.

Высокая удельная энергия, мощность, длительный срок службы и снижение производственных затрат делают ЛИА ключевым фактором устойчивой мобильности возобновляемых источников энергии. В различных отраслях экономики технология ЛИА развивается высокими темпами, поэтому среди специалистов все еще не сложилось единого научно обоснованного мнения о том, какие должны быть установлены требования к производительности систем с точки зрения пожарной безопасности и какой методический подход даст полное описание процедуры проведения испытаний ЛИА на определение показателей пожарной опасности.

Большинство стандартов и правил устанавливают условия испытаний, вытекающие из правил для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, и поэтому не являются репрезентативными для отказов ЛИА в полевых условиях. Несмотря на то, что дорожно-транспортные происшествия являются динамическими событиями, испытания, описанные в соответствующих стандартах, проводятся на уровне компонентов с использованием статических сборок. Эти отрасли требуют дополнительного анализа и оценки данных, характерных для электрифицированных силовых агрегатов, и добавления соответствующих тестов, таких как опасность низких температур, воспламеняемость, токсичность, опрокидывание, падение.

**Ключевые слова:** электротранспорт, пассажирский электротранспорт, литий-ионные аккумуляторные батареи, троллейбус с увеличенным ходом, электробус, экологическая безопасность

## EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE FIRE SAFETY OF LITHIUM-ION BATTERIES USED IN URBAN PASSENGER ELECTRIC TRANSPORT

Denis. Y. Minkin, Ibragim. N. Kubanov

Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russian Federation

## ABSTRACT

Lithium-ion technology is the electrochemical energy storage technology of choice for an expanding number of industries, ranging from small household appliances to large-scale blocks for vehicle electrification and intelligent network.

High energy density, power, long service life and lower production costs make LIB a key factor in the sustainable mobility of renewable energy sources. In various sectors of the economy, LIB technology is developing at a high pace. Thus, there is still no unified scientifically based opinion among specialists as to what system performance requirements should be set in terms of fire safety and what methodological approach will provide a complete description of the procedure for testing LIB at determination of indicators of fire danger.

The majority of the standards and regulations establish test conditions that follow from the regulations for vehicles with internal combustion engines. As a result, they are not representative of LIB failures in the field. Despite crashes being dynamic events, the tests described in the relevant standards are carried out at the component level using static assemblies. These industries require additional analysis and evaluation of data specific to electrified powertrains and the addition of appropriate tests such as low temperature hazard, flammability, toxicity, rollover, drop.

**Keywords:** electric transport, passenger electric transport, lithium-ion batteries, extended range trolleybus, electric bus, environmental safety

## Введение

На сегодняшний день электроэнергия в качестве тяги транспортных средств широко используется на различных видах воздушного, железнодорожного, морского, и автомобильного транспорта, в том числе на различных средствах индивидуальной мобильности (далее – транспортных средств). Для обслуживания пассажирских перевозок, по ряду экологических и социально-экономических причин, производитель транспортных средств, все больше делает выбор в пользу применения аккумуляторных батареи повышенной мощности. По своим характеристикам чаще всего используют ЛИА, которые уже нашли широкое применение практически во всех отраслях экономики. Стоит отметить, что в 2019 году за разработку литий-ионных батарей была вручена Нобелевская премия по химии [1].

Применение ЛИА увеличило автономный ход и мобильность электротранспорта. Городской пассажирский транспорт характеризуется нахождением в нем одновременно большого количества людей, и, соответственно, к нему должны предъявляться повышенные требования к мерам пожарной безопасности. Большая энергоемкость и наличие опасных для здоровья человека химических элементов делает ЛИА источником большой потенциальной опасности. Хотя пожары ЛИА являются статистически редкими, они представляют опасность, которая значительно отличается от других опасных пожаров с точки зрения пути возникновения, скорости распространения, продолжительности, токсичности и тушения.

В современном мире существует огромное множество различных типов аккумуляторных батарей, но далеко не все

подходят для ежедневного их использования в качестве постоянного источника тока на электротранспорте.

В троллейбусах с увеличенным автономным ходом (далее – ТУАХ) и электробусах наиболее часто используют ЛИА различных модификаций ( $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$ , LiNMC, Li-Pol).

Литий, применяемый в качестве энергоносителя ЛИА, является активным щелочным металлом, что и обуславливает его высокую пожаровзрывоопасность.

В проведенном авторами анализе практики применения ЛИА в городском пассажирском электротранспорте, представлены возможные причины возникновения аварийных ситуаций, в т. ч. – пожара в ЛИА [2].

Аварийные режимы ЛИА могут привести к экзотермическим реакциям и, как следствие, повышению температуры выше предельно допустимой. Совокупность этих факторов может служить причиной возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, вследствие которых может быть нанесён вред жизни и здоровью людей как во время движения транспорта, так и при его техническом обслуживании. Причем режим технического обслуживания с точки зрения пожарной опасности особенно важен, так как значительное количество техники с ЛИА может одновременно находиться в закрытых помещениях троллейбусного парка [2,3].

#### **Методика проведения эксперимента**

Влияние особенностей конструкций ТУАХ на возможные пожароопасные ситуации дает основание полагать, что существует необходимость разработки специальных методик описания и проведения испытаний ЛИА с точки зрения пожарной безопасности, включающая в себя элементы риск-ориентированного моделирования различных пожароопасных ситуаций и наличие мощного и химически опасного

источника питания (пожарной нагрузки) [4].

Большинство стандартов и правил устанавливают условия испытаний, вытекающие из правил для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, и поэтому не являются репрезентативными для отказов ЛИА в полевых условиях (ГОСТ Р МЭК 60086-4-2009 и т. д.). Несмотря на то, что дорожно-транспортные происшествия являются динамическими событиями, испытания, описанные в соответствующих стандартах, проводятся на уровне компонентов с использованием статических сборок [5]. Эти отрасли требуют дополнительного анализа и оценки данных, характерных для электрифицированных силовых агрегатов, и добавления соответствующих тестов, таких как опасность низких температур, воспламеняемость, токсичность, опрокидывание, падение, и внесение их в новые разрабатываемые стандарты.

В ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» [6] проводились подобные испытания на пожаровзрывобезопасность отечественных призматических ЛИА, предназначенных для космической отрасли. ЛИА являются одной из составных частей системы электроснабжения космических аппаратов, и поэтому их энергомассовые и ресурсные характеристики во многом определяют показатели эффективности применения космических аппаратов. Условия работы батареи в космосе существенно отличаются от работы в наземных условиях и в авиации: батарея не допускает ремонта или замены в период эксплуатации, работает в условиях космического вакуума, что существенно изменяет ее тепловой режим.

Испытаниям подвергались литий-ионные аккумуляторы призматической формы: ЛИКГП-50С (ОАО АК «Ригель», г. Санкт-Петербург) и ICNP 30/133/207/HE

(ОАО «НИИЭИ», г. Электроугли). При проведении испытаний на стойкость к возгоранию и взрыву при ударном воздействии металлическим пробойником использовалась установка для испытания аккумуляторов на пробой с энергией в ударе до 120 Дж, достаточной для протыкания насквозь аккумуляторов толщиной до 60 мм (толщина стального корпуса 0,6 мм) [7, 8].

В 2022 году на базе Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (далее – НИИПИ)

совместно с ГУП «Горэлектротранс» (г. Санкт-Петербург) была проведена работа по оценке ЛИА, применяемых в городском электротранспорте (троллейбусы с УАХ), по их пожаробезопасному использованию в различных циклах эксплуатации [9].

Программа проведения испытаний, моделирующих сценарии повреждения литий-ионных аккумуляторов в периоды эксплуатации (движения) и технического обслуживания объектов транспорта, включала в себя исследование двух видов аккумуляторов (рис. 1).



а (a)



б (b)

**Рис. 1.** Виды аккумуляторов: а – «Лиотех» аккумулятор LT-LFP170В «Энер Зэт», б – аккумулятор EnerDel

Fig. 1 Types of batteries: а – "Liotech" Battery LT-LFP170В "Ener Zet", б – Battery EnerDel

В отличие от испытаний, предусмотренных ГОСТ Р МЭК 62281- 2007 и т. д., в программу были включены испытания, моделирующие чрезвычайные ситуации, которые могут случиться с общественным электротранспортом во всех циклах его функционирования и обслуживания.

В соответствии с программой [10] испытаний, были смоделированы следующие виды повреждений (рис. 2):

- розлив и воспламенение бензина под отсеком аккумуляторной батареи при дорожно-транспортном происшествии;

- перегрев аккумуляторных батарей при выходе из строя системы кондиционирования;

- имитация короткого замыкания аккумуляторных батарей в ходе движения автотранспорта;

- повреждения, полученные при падении с высоты;

- перезаряд аккумуляторных батарей;

- воздействие на аккумуляторные батареи внешних источников тепла (фрикционных искр) [11].



**Результаты эксперимента и их анализ**

В течение всего времени испытания наблюдалось вспучивание аккумуляторов, выделение горючих газов при высыхании сепаратора, что приводило к замыканию

анода и катода аккумулятора – происходило резкое увеличение скорости экзотермических реакций, взрывных процессов не наблюдалось. Графики роста температуры и теплового потока приведены на (рис.3).



а (a)



б (b)



в (c)



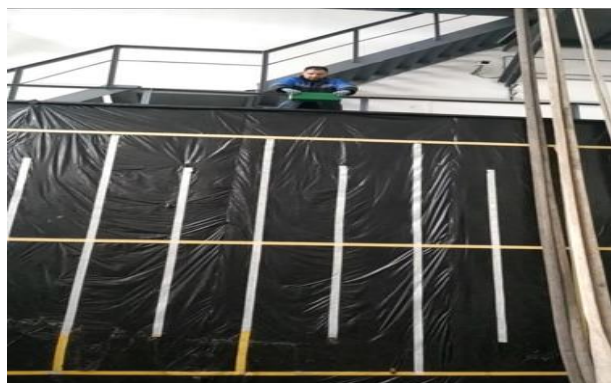
г (d)



д (e)



е (f)



ж (g)



з (h)



и (i)



к (j)



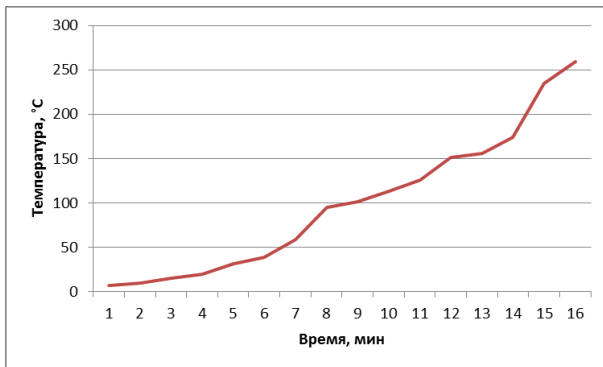
л (k)



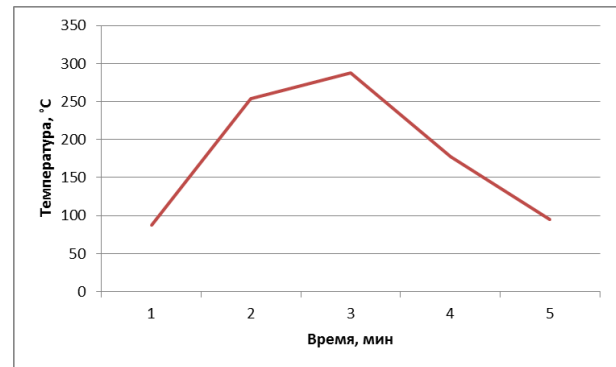
м (l)

**Рис. 2.** Проведение испытаний ЛИА: а – LT-LFP170В; б – EnerDel (при розливе бензина); в – LT-LFP170В; г – EnerDel (при перегреве); д – LT-LFP170В; е – EnerDel (при коротком замыкании); ж – LT-LFP170В; з – EnerDel (при падении с высоты); и – LT-LFP170В; к – EnerDel (при перезарядке); л – LT-LFP170В; м – EnerDel (при воздействии внешних источников тепла)

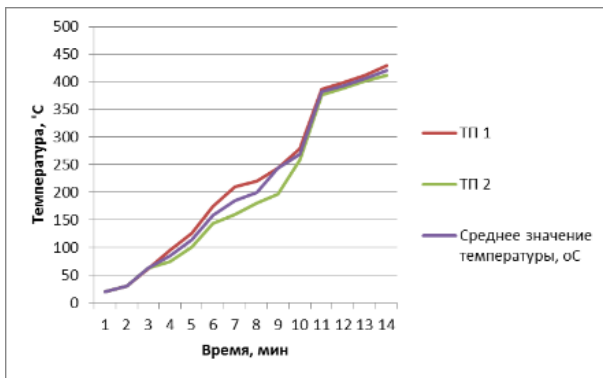
**Fig. 3** Testing of LIA: a - LT-LFP170В; b – EnerDel (when filling gasoline); c - LT-LFP170В; d – EnerDel (when overheating); e - LT-LFP170В; f – EnerDel (when short-circuiting); g - LT-LFP170В; h – EnerDel (when falling from a height); i - LT-LFP170В; j – EnerDel (when recharging); k - LT-LFP170В; l – EnerDel (when exposed to external heat sources)



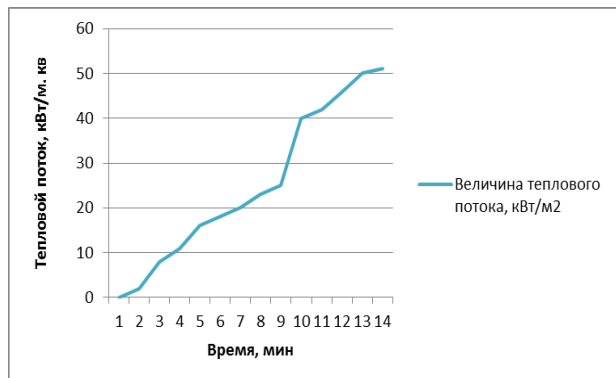
а (a)



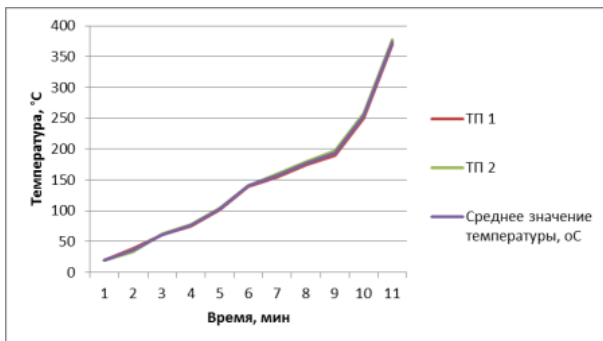
б (b)



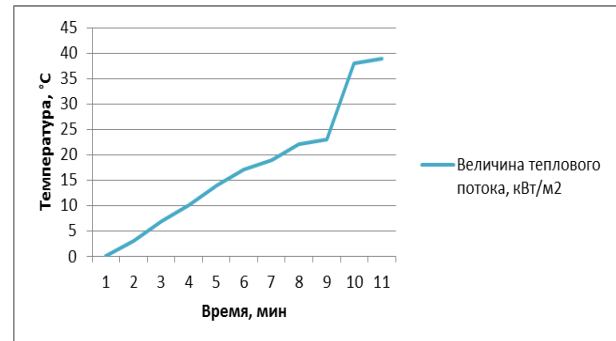
в (c)



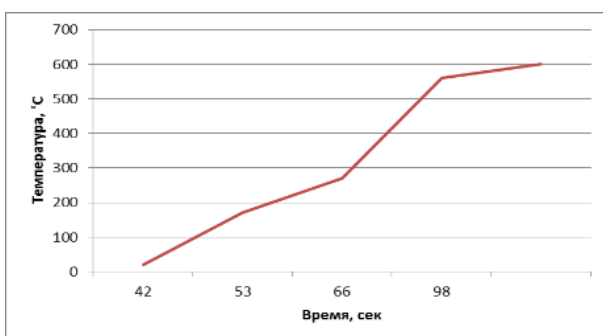
г (d)



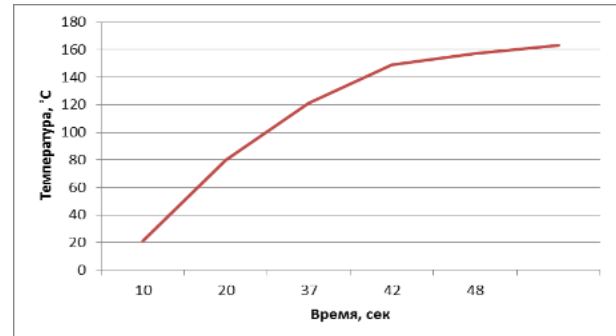
д (e)



е (f)



ж (g)



з (h)



и (i)

**Рис. 3** График изменения температуры нагрева ЛИА: а – LT-LFP170В; б – EnerDel (при розливе бензина); в – LT-LFP170В; г – EnerDel (при перегреве); д – LT-LFP170В; е – EnerDel (при коротком замыкании); ж – LT-LFP170В; з – EnerDel (при падении с высоты); и – LT-LFP170В (при перезарядке)

**Fig. 2** Graph of changes in the heating temperature of the LIA: а – LT-LFP170В; б – EnerDel (when filling gasoline); в – LT-LFP170В; д – EnerDel (when overheating); е – LT-LFP170В; ф – EnerDel (when short-circuiting); г – LT-LFP170В; з – EnerDel (when falling from a height); и – LT-LFP170В (when recharging)

Аналогичным образом вели себя аккумуляторы и при испытаниях на перегрев [12]. От воздействия источника тепла, которым являлась термоэлектрическая панель, начинает разогреваться и плавится корпус аккумулятора, что в последующем приводит к его возгоранию. Корпуса ячеек ЛИА выполнены из неустойчивых к прямому тепловому воздействию материалов. Необходимо рассмотреть возможность изготовления корпусов ЛИА из негорючих и трудногорючих материалов.

Наиболее часто возгорание и взрывы аккумуляторов происходят из-за короткого замыкания анода и катода в силу различных причин. При коротком замыкании анодов и катодов аккумуляторов происходил сильный разогрев металлической замыкающей конструкции, что приводило к воспламенению от нее пластиковых корпусов аккумуляторов [13, 14]. Произошел нагрев клемм аккумуляторов с последующим возгоранием пластика корпусов вокруг клемм. Однако резкого увеличения скорости экзотермиче-

ских процессов внутри аккумуляторов, приводящих к взрыву, при данном испытании не наблюдалось.

Системы защиты не могут предотвратить внешнее короткое замыкание, которое может произойти вследствие халатности при проведении технического обслуживания (забытый в отсеке инструмент или другой проводник). Клеммы располагаются слишком близко друг к другу и не имеют изоляции [15].

### Заключение

В результате испытаний на стойкость к падению ЛИА с высоты произошло разрушение корпусов аккумуляторов без дальнейших замыканий и протекания экзотермических реакций. Однако при получении механических повреждений защитного корпуса ЛИА стало возможным попадание внутрь влаги (конденсат, осадки, технические жидкости) или других химически активных веществ, что сопряжено с риском протекания опасных для пассажиров химических реакций.



В ходе испытаний при перезарядке аккумуляторных батарей произошло незначительное нагревание корпусов аккумуляторов без серьезных (видимых) последствий. Система безопасности батареи не позволяет перезарядить ЛИА и обеспечивает пожарную безопасность ЛИА от возгорания вследствие перегрева или перезаряда энергией. В случае неисправности системы безопасности возможно достижение температуры самопроизвольного термического разгона. Необходимо обеспечение дополнительных контрольных мероприятий при зарядке ЛИА.

В ходе испытаний при воздействии на ЛИА внешних источников тепла (фрикционных искр) произошло незначительное нагревание корпусов аккумуляторов без их повреждений. Корпуса ячеек ЛИА выполнены из устойчивых к воздействию внешних маломощных источников тепла (фрикционных искр) материалов. Однако попадание раскаленных частиц металлов на выводные клеммы может способствовать их окислению и некорректной работе в дальнейшем. По причине чего повышается опасность возникновения КЗ при аварийных режимах работы электрических цепей.

В ходе испытаний на розлив и воспламенение бензина под отсеком аккумуляторной батареи при дорожно-транспортном происшествии произошло обильное выделение густого черного дыма начиная со второй минуты эксперимента. При возгорании ЛИА, расположенного в багажном отсеке, продукты горения (дым) могут значительно замедлить эвакуацию пассажиров и нанести вред их здоровью. Необходимо проведение натурных испытаний и поиск путей решения проблемы.

Помимо этого, полученные результаты, могут служить неплохим заделом для дальнейших исследований в данной области. Безусловно, необходимо проводить комплексные натурные испытания, в том числе в составе троллейбуса, для получения более точных данных теоретических и практических решений по сценариям развития пожара в городском пассажирском электротранспорте, использующем ЛИА. Эта отрасль требует дополнительного анализа и оценки данных, характерных для электрифицированных силовых агрегатов, и добавления соответствующих испытаний, таких как опасность низких температур, самовоспламеняемость и токсичность.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кубанов, И. Н. Риск ориентированная методика испытания аккумуляторных батарей для троллейбусов с увеличенным автономным ходом / Д.Ю. Минкин, И. Н. Кубанов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2023. – № 1(65). – С. 155-163.
2. Пожарная безопасность автотранспорта с высоковольтным силовым оборудованием и объектов его транспортной инфраструктуры / О. В. Двоенко, И. А. Гусев, А. А. Шульпинов, В. А. Кузьменко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 4. – С. 11-17. – DOI 10.25257/FE.2020.4.11-17.
3. Моторыгин Ю. Д., Баранова Я. А., Латышев А. О. Расчет пожарных рисков на транспорте стохастическим методом //Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2014. – Т. 1. – №. 1 (5). – С. 13-16.
4. Кубанов, И. Н. Преимущества использования троллейбусов с увеличенным автономным ходом для снижения негативного воздействия на окружающую среду / Д. Ю. Минкин, И. Н. Кубанов // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2021: Материалы Международной-научно практической конференции, Санкт-Петербург, 09–10 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2021. – С. 82-85. – EDN GRGHMX.
5. Ребров С. Г. и др. Исследования литий-ионных аккумуляторов космического назначения на пожаровзрывобезопасность //Труды МАИ. – 2014. – Т. 72. – С. 1.
6. Ежелева Е. Е., Мельник А. А., Елисеев Ю. Н. Исследование пожаров связанных с возгоранием литий-ионных аккумуляторных батарей на транспорте //Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2021. – №. 1. – С. 50-53.

7. Демидович И. С., Савин В. А. Проблемы безопасности аккумуляторных батарей современного электротранспорта. – 2020.
8. Кубанов, И. Н. Противопожарная защита городского пассажирского электротранспорта / Д. Ю. Минкин, И. Н. Кубанов // Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 21 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. – С. 72-77. – EDN OOWOON.
9. Dorsz A., Lewandowski M. Analysis of fire hazards associated with the operation of electric vehicles in enclosed structures //Energies. – 2021. – Т. 15. – №. 1. – С. 11.
10. Ping P. et al. Study of the fire behavior of high-energy lithium-ion batteries with full-scale burning test //Journal of Power Sources. – 2021. – Т. 285. – С. 80-89.
11. Плотников В. Г., Чешко И. Д., Кондратьев С. А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе //Расследование пожаров. – 2019. – С. 53-58.
12. Мокряк А. В. Анализ пожарной опасности электромобилей //Modern Science. – 2021. – №. 1-2. – С. 475-479.
13. Møller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species //Annual review of plant biology. – 2021. – Т. 52. – №. 1. – С. 561-591.
14. Аносов Е. Ю., Ушкалов В. В., Бутенко Ю. Л. Пожарная опасность литий-ионных батарей устанавливаемых на электроавтомобилях //Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – №. 3. – С. 46-49.
15. McKenna S. T., Hull T. R. The fire toxicity of polyurethane foams //Fire Science Reviews. – 2020. – Т. 5. – №. 1. – С. 1-27.

#### References

1. Minkin D.Y., Kubanov, I. N. Risk-oriented method of testing batteries for trolleybuses with increased autonomous travel. Problems of risk management in the technosphere. 2023; 1(65): 155– 163 (rus).
2. Dvoenko O.V. Fire safety of vehicles with high-voltage power equipment and objects of its transport infrastructure. Fires and emergencies: prevention, elimination. 2020; 4: 11– 17. DOI:10.25257/FE.2020.4.11-17 (rus).
3. Motorygin Yu.D., Baranova Ya.A., Latyshev A.O. Calculation of fire risks in transport by stochastic method. Fire safety: problems and prospects. 2014; 1(5): 13-16 (rus).
4. Kubanov I. N. Advantages of using trolleybuses with increased autonomous travel to reduce the negative impact on the environment. Transport of Russia: problems and prospects - 2021: Materials of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, November 09-10, 2021; 82-85 (rus).
5. Rebrov S.G., Janchur S.V., Mansurov V.S., Moskovkin S.A. Research of lithium-ion batteries for space purposes on fire and explosion safety. Proceedings of MAI. 2014; 72: 1 (rus).
6. Ezheleva E. E., Mel'nik A. A., Eliseev Y. N. Investigation of fires associated with ignition of lithium-ion batteries in transport. Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2021; 1: 50–53 (rus).
7. Demidovich I.S., Savin V.A. Problems of safety of batteries of modern electric transport. 2020. (rus).
8. Kubanov I. N. Fire protection of urban passenger electric transport // Fire safety of capital construction objects. Standards, design, device and operation: materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, April 21, 2022; 72–77 (rus).
9. Dorsz A., Lewandowski M. Analysis of fire hazards associated with the operation of electric vehicles in enclosed structures. Energies. 2021; 1: 11.
10. Ping P. et al. Study of the fire behavior of high-energy lithium-ion batteries with full-scale burning test. Journal of Power Sources. 2021; 285: 80–89.
11. Plotnikov V.G., Cheshko I.D., Kondrat'ev S.A. Fire hazard of lithium-ion batteries and low-voltage power sources based on them. Investigation of fires. 2019; 53–58 (rus).
12. Mokryak A.V. Analysis of the fire hazard of electric vehicles. Modern Science. 2021; 1-2: 475–479 (rus).
13. Møller I.M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. Annual review of plant biology. 2021; 52(1): 561-591.
14. Anosov E.Yu., Ushkalov V.V., Butenko Yu.L. Fire hazard of lithium-ion batteries installed on electric vehicles. Fire and technospheric safety: problems and ways of improvement. 2020; 3: 46–49 (rus).
15. McKenna S.T., Hull T.R. The fire toxicity of polyurethane foams. Fire Science Reviews. 2020; 5(1): 1–27.

**Информация об авторах**

**Минкин Денис Юрьевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения, доктор технических наук, Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России; Россия 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект д. 149, ORCID: 0000-0003-4651-8526; e-mail: [igps001@mail.ru](mailto:igps001@mail.ru)

**Кубанов Ибрагим Наурузович**, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России; Россия (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект д. 149, ORCID: 0000-0002-4108-3135; SPIN: 2333-0244; e-mail: [ibragim.kubanov@bk.ru](mailto:ibragim.kubanov@bk.ru)

**Information about the authors**

**Denis Y. Minkin**, Professor of the Department of Fire Safety-news of buildings and automated fire extinguishing systems of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Moskovsky Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4651-8526; e-mail: [igps001@mail.ru](mailto:igps001@mail.ru)

**Ibragim N. Kubanov**, Deputy Head of the Research Institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia Moskovsky Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-4108-3135; SPIN: 2333-0244; e-mail: [ibragim.kubanov@bk.ru](mailto:ibragim.kubanov@bk.ru)