

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024. Т. 33. № 1. С. 94–99
POZHAROVZRYVOBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024; 33(1):94-99

УДК 614.84

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2024.33.01.94-99>

Оценка пожарного риска на автостоянках с наличием мест для зарядки электромобилей

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 обобщенные данные о пожарах в мире с участием электромобилей. Рассмотрены некоторые примеры развития пожароопасной ситуации при пользовании зарядными станциями без встроенных систем защиты. Показан метод оценки пожарного риска в закрытых наземных и подземных автостоянках с наличием парковочных мест для подзарядки электромобилей. Даны разъяснения по особенностям предупреждения и тушения пожара с участием электромобиля или зарядной станции. Разобран один из примеров выполнения оценки пожарного риска на основе индексного метода ERIC с указанием мер по устранению и смягчению последствий возможного пожара на рассматриваемых видах автостоянок.

Ключевые слова: батарея; вероятность; пожарная сигнализация; пожаротушение; оповещение; эвакуация; пожарный извещатель; вентиляция; огнестойкость

Для цитирования: Харламенков А.С. Оценка пожарного риска на автостоянках с наличием мест для зарядки электромобилей // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 33. № 1. С. 94–99. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.01.94-99

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

Fire risk assessment in car parks with electric vehicle charging facilities

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

Generalized data on fires in the world involving electric vehicles are presented. Some examples of fire hazardous situation development when using charging stations without inbuilt protection systems are considered. A method of fire risk assessment in enclosed surface and underground car parks with the availability of parking spaces for charging electric vehicles is shown. Explanations on the peculiarities of preventing and extinguishing fires involving an electric vehicle or charging station are given. One of the examples of performing a fire risk assessment based on the ERIC index method is analyzed with the indication of measures to eliminate and mitigate the consequences of a possible fire in the types of car parks under consideration.

Keywords: battery; probability; fire alarm; fire extinguishing; warning; evacuation; fire detector; ventilation; fire resistance

For citation: Kharlamenkov A.S. Fire risk assessment in car parks with electric vehicle charging facilities. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2024; 33(1):94-99. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.01.94-99 (rus.).

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



ВОПРОС

В рубрике «Вопрос – ответ» журнала № 6 за 2023 г. [1] были рассмотрены требования пожарной безопасности, предъявляемые к местам парковки и зарядки электромобилей. С учетом утвержденной Стратегии развития автомобильной промышленно-

сти РФ¹ и активного внедрения дополнительных мер поддержки развития электротранспорта² можно

¹ Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года : утв. распоряжением Правительства РФ от 28 декабря 2022 г. № 4261-р.

² Официальный сайт Правительства России. URL: <http://government.ru/news/48386>

ожидать постепенного роста числа электромобилей и мест для их зарядки.

Принято считать, что пожары электромобилей — явление редкое, составляющее до 1 % от общего числа пожаров с участием транспортных средств с другими типами двигателей³. По ориентировочным оценкам, проведенным с 2010 по 2023 г., наблюдается постепенный рост числа пожаров с участием электромобилей. По исследованиям организации «EV FireSafe»⁴, по состоянию на июль 2023 г. 25 % пожаров было зафиксировано в подземных и крытых помещениях, 31 % — на открытых парковках и 29 % — при движении по дороге (остальные 15 % — место пожара не известно).

В период с 2010 по 2023 г. число возгораний тяговых батарей электромобилей по причине теплового разгона при их подключении к ЭЭС переменного или постоянного тока находилось в диапазоне 18–32 % от общего числа пожаров. При этом из-за неисправности ЭЭС, зарядного кабеля и нарушений в электросетях зданий и сооружений произошло немногим более 1 % пожаров, в остальных случаях основной причиной пожара при подзарядке электромобиля считается наличие заводской неисправности в его батарее или внешнего теплового воздействия на батарею (пожар в здании). В ближайшем будущем следует ожидать увеличения числа пожаров электромобилей не только из-за роста продаж новых, но и активной эксплуатации подержанных моделей.

Вступившие в силу изменения к СП 113.13330.2023⁵ позволили размещать зарядные станции для электромобилей (ЭЭС) не только на открытых парковках, но и подземных автостоянках с возможностью использования ЭЭС с номинальным током до 32А (1 и 2-й типы) ниже первого подземного этажа паркинга. Такое положение дел указывает на необходимость проведения дополнительного анализа и оценки возможных негативных последствий в случае пожара с участием электромобиля или самой ЭЭС.

Существуют ли общие подходы к оценке риска и выбора мер по снижению опасности возгорания электромобилей на крытых наземных и подземных парковках?

ОТВЕТ

Для начала рассмотрим один из возможных вариантов поражения человека электрическим током и развития пожароопасной ситуации в случае зарядки электромобиля от переносной (портативной) ЭЭС 1 или 2-го типа. Такие ЭЭС подключаются к штатным однофазным или трехфазным розеткам, проложенным к месту парковки от распределительного электрического щита (ЩР).

По требованиям СП 113.13330.2023⁵ процесс подзарядки электромобилей должен быть безопасным. Это достигается путем контроля состояния изоляции, температурных режимов, протекающего зарядного тока и т.д. В Приложении В к ГОСТ Р МЭК 61851-1⁶ представлены типовые варианты схем подключения электромобиля к ЭЭС всех 4 типов, где в обязательном порядке должно применяться устройство защитного отключения (УЗО или УДТ) для защиты от токов утечки на землю (дифференциальных токов). Многие производители переносных ЭЭС 1 и 2-го типов для снижения стоимости конечного продукта не размещают УДТ в блоке управления своих станций, а указывают в инструкциях, что данная защитная функция должна возлагаться на УДТ, установленные в ЩР. Если в процессе подзарядки возникнет утечка тока в электрической цепи электромобиля, то штатные УДТ (тип А и АС) в ЩР могут не среагировать на данное нарушение, т.к. рассчитаны обычно на утечку переменного тока, а для защиты от утечки выпрямленного тока следует использовать УДТ типа В, которое стоит на много дороже вышеуказанных типов и в ЩР не устанавливается. При отсутствии УДТ типа В вся надежда по предотвращению развития пожароопасной ситуации и защите человека будет возложена на платы управления самого электромобиля. В лучшем случае отключится или выйдет из строя только блок управления переносной ЭЭС, а в худшем — пожар в электромобиле. По этой причине использование переносных ЭЭС 1-го типа запрещено во многих странах, но из-за удобства продолжает применяться водителями электромобилей. Ведь намного проще найти розетку и подключиться к ней, чем стационарно установленную ЭЭС. Данное обстоятельство способствует повышению вероятности возникновения пожароопасной ситуации, особенно на уже действующих крытых наземных и подземных парковках, где ранее не были реализованы технические решения по организации мест зарядки электромобилей.

Таким образом, при проектировании мест для зарядки электромобилей следует выполнять оценку пожарных рисков с целью эффективного контроля и реагирования на них.

Один из подходов к оценке риска представлен в Руководстве по пожарной безопасности для электромобилей на крытых автостоянках (Великобритания) [2], разработанном на базе индексного метода оценки пожарного риска ERIC [3] и международного стандарта BS PAS 79-1-2020⁷ (Оценка пожарного риска). Руководство [2] позволяет выработать определенные технические и организационные меры, обеспечивающие необходимую степень защищенности людей и имущества на объектах,

³ Impact of BEV Adoption on the Repair and Insurance Sectors. Final Report. Thatcham Insurance Research Department, 2022. URL: <https://www.thatcham.org/>

⁴ Официальный сайт организации EV FireSafe. Исследование пожаров на электромобилях. URL: <https://www.evfiresafe.com/research-ev-fire-charging>

⁵ СП 113.13330.2023. Свод правил. Стоянки автомобилей «СНиП 21-02-99*»: Приказ Минстроя России от 05.10.2023 № 718/пр, введен в действие 05.11.2023 г.

⁶ ГОСТ Р МЭК 61851-1. Система токопроводящей зарядки электромобилей. Часть 1. Общие требования : введен в действие 1 сентября 2014 г. М. : Стандартинформ, 2014.

⁷ British Standards Institution (BSI) BS PAS 79-1-2020. Fire risk assessment — Part 1: Premises other than housing Code of practice. 2020. URL: <https://knowledge.bsigroup.com/products/fire-risk-assessment-premises-other-than-housing-code-of-practice?version=standard>



Иерархия мер по смягчению последствий пожара электромобиля или ЭЭС

оборудованных зарядной инфраструктурой. В первую очередь метод пригоден для получения относительных оценок и сравнения однотипных объектов по степени пожарного риска. В документе изложены меры по смягчению последствий воздействия пожара с участием электромобиля или ЭЭС.

Метод оценки пожарного риска ERIC основан на применении системы для управления рисками (иерархия мер). Это пошаговый подход к устранению или снижению рисков, где используется выстраивание мер по управлению рисками от самого высокого (эффективного), надежного уровня защиты до самого низкого и наименее надежного уровня (см. рисунок). Иерархия состоит из следующих уровней защиты: устранение *E*; сокращение *R*; изолирование *I*; контроль *C*.

Наиболее эффективными являются меры, которые позволяют устранить риск, а наименее эффективными — которые используют различные инструкции или процедуры управления, требующие специальной подготовки персонала, а также дополнительного оборудования для обеспечения безопасности.

В зависимости от того, на какой стадии выполняется оборудование мест парковки с ЭЭС (в уже существующем или новом здании), могут использоваться различные меры по снижению вероятности возникновения пожара и снижению его последствий. К ним относятся меры по внесению изменений в системах автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, дымоудаления, а также повышение степени огнестойкости конструкций, увеличение объемов огнетушащих веществ, изменение путей эвакуации и т.д.

В табл. 1 представлены меры, направленные на снижение риска возникновения пожара, гибели людей и потери имущества на крытых парковках, оборудованных местами зарядки электромобилей [2]. Меры распределены в порядке снижения их эффективности.

Хотя многие из перечисленных в таблице мер уже реализуются по СП 113.13330.2023⁵, но некоторые из них требуют дополнительного рассмотрения и анализа. Например, известно, что тушение пожара при горении тяговой аккумуляторной батареи электромобиля занимает намного больше времени и может достигать нескольких часов [4]. Данное обстоятельство должно учитываться при выборе пределов огнестойкости строительных конструкций в местах зарядки электромобилей.

Так как при тушении рассматриваемого пожара следует ожидать более длительного выделения токсичных продуктов горения и дыма, то этот фактор нужно учитывать при проектировании системы дымоудаления и времени ее работы.

Обычно возгорание электромобиля начинается с активного выделения газов из внутреннего пространства тяговой батареи через предохранительные клапаны, а в месте поврежденной ячейки аккумулятора наблюдается активный рост температуры из-за теплового разгона [5]. Поэтому своевременное обнаружение утечки газов и чрезмерного нагрева корпуса электромобиля с последующим отключением питания ЭЭС и передачей сигнала на пост охраны позволит сократить время реагирования на пожар и снизить ущерб. Отключение ЭЭС может быть реализовано с помощью дополнительной локальной установки в местах парковки электромобилей дымовых и (или) тепловых пожарных извещателей (в том числе тепловизионных камер

Таблица 1. Меры по устранению и смягчению последствий пожара электромобиля или ЭЭС в зависимости от степени их эффективности

Мера снижения риска	Уровни снижения риска			
	E	R	I	C
Обесточивание ЭЭС при обнаружении неисправности, повреждении ЭЭС, зарядного кабеля или заряжаемой батареи	+			
Использование только официально утвержденных точек зарядки электромобилей (ЭЭС), имеющих аппараты защиты, систему оповещения (сигнализации) о неисправности и т.д.		+		
Применение ЭЭС 3 и 4-го типа, имеющих встроенный интерфейс для мониторинга неисправностей (защиту от токовой перегрузки, датчики наклона, отправка отчетов о повреждениях/неисправностях, датчики температуры, включения вентиляции и т.п.)		+		
Проведение регулярного технического обслуживания пунктов зарядки, а также применение ЭЭС, имеющих различные внутренние системы оповещения о повреждениях/неисправностях (датчики наклона, температуры и т.п.)		+		
Установка ЭЭС только специалистами (электриками), имеющими соответствующую квалификацию и разрешения (допуск к выполнению работ)		+		
Защита ЭЭС от механических повреждений с помощью барьеров, ограничителей, предупреждающих знаков и т.п.		+		
Обеспечение подключения зарядного кабеля к электромобилю по кратчайшему расстоянию в пространстве и возвращения его на исходное место		+		
Применение неотделяемых зарядных кабелей, совмещенных с конструкцией ЭЭС, расположенных в местах, где максимально исключено их повреждение от людей или транспорта (частое наступание, наезд колесами и т.п.)		+		
Увеличение расстояния между автомобилями или увеличение габаритных мест, оборудованных ЭЭС		+		
Контроль скорости движения автомобилей на автостоянке для исключения столкновений		+		
Обеспечение удобной и безопасной планировки пространства автостоянки, снижающей вероятность столкновений		+		
Отделение мест зарядки электромобилей огнестойкими конструкциями для исключения распространения огня на другие транспортные средства		+		
Повышение пределов огнестойкости строительных конструкций проектируемой парковки с местами для зарядки электромобилей		+		
Удаление мест ЭЭС от путей эвакуации с обеспечением доступа пожарных подразделений в случае пожара		+		
Использование системы оповещения и эвакуации людей при пожаре на крытой автостоянке		+		
Использование системы пожаротушения в случае пожара ЭЭС или электромобиля		+		
Обеспечение достаточного запаса воды для пожаротушения и возможности ее подачи на тушение пожара		+		
Безопасное хранение электромобилей отдельно от других транспортных средств (на специально оборудованных для этого местах)			+	
Использование дополнительных систем безопасности (например, тепловизионные камеры, тепловые пожарные извещатели) и подключение их к существующим системам автоматического пожаротушения (АУПТ) и пожарной сигнализации (АПС)			+	
Использование дополнительных систем безопасности для защиты ЭЭС от вандализма (например, камеры видеонаблюдения, охранная сигнализация)			+	
Наличие в местах зарядки электромобилей АПС			+	
Автоматическое отключение электроснабжения ЭЭС при сработке систем пожарной сигнализации или пожаротушения			+	
Увеличение расстояний между проектируемой крытой парковки и другими зданиями			+	
Обеспечение ограниченного распространения потенциально возможного пожара с участием электромобиля по внешнему фасаду здания и его отделочным материалам			+	
Обеспечение возможности безопасной эвакуации неисправного или сгоревшего электромобиля с территории парковки с учетом габаритных размеров проездов			+	

Мера снижения риска	Уровни снижения риска			
	E	R	I	C
Обеспечение наличия дополнительного ручного отключения электроснабжения ЭЭС в местах зарядки электромобиля				+
Наличие первичных средств пожаротушения (огнетушители, противопожарное полотно) в местах зарядки электромобилей				+
Использование системы противодымной вентиляции с повышенными характеристиками воздухообмена				+
Повышение пределов огнестойкости ограждающих конструкции мест с ЭЭС для эксплуатируемых парковок				+
Поддержание в надлежащем состоянии путей эвакуации, аварийного освещения, знаков безопасности и сигнальной разметки при организации парковочных мест с ЭЭС				+
Обеспечение контроля стока вод, используемых в пожаротушении электромобилей для уменьшения экологического ущерба				+
Разработка (переработка) карточек и планов тушения пожара на парковках, оборудованных ЭЭС				+

и др.), связанных с системой питания ЭЭС и системами АПС и АУПТ для выполнения п. 7.10.14 СП 113.13330.2023⁵, согласно которому ЭЭС должны обесточиваться при срабатывании АПС и (или) АУПТ. Кроме того, на данной стадии развития пожара следует рассмотреть варианты экстренной эвакуации неисправного электромобиля за пределы крытой парковки в безопасную зону.

Проведенные исследования показывают, что вода, которая применялась для тушения электромобилей, содержит высокие концентрации загрязняющих веществ, превышающих безопасный уровень для сброса в окружающую среду или канализацию. Поэтому следует дополнительно рассмотреть вопрос о вариантах откачки загрязненной воды из приемных емкостей или ее перекачку на очистные сооружения для ограничения ущерба окружающей среде.

В Руководстве [2] описывается процесс проведения оценки риска с использованием матрицы «вероятность/последствие» по стандарту BS PAS 79-1⁷ для отдельно стоящей наземной четырехэтажной автостоянки (160 парковочных мест, максимальной вместимостью 320 человек). Вероятность возникновения пожароопасной ситуации разделяется на:

- низкую — возникновение пожароопасной ситуации маловероятно из-за незначительного количества потенциальных источников зажигания;
- среднюю — возникновение пожароопасной ситуации имеет место из-за наличия потенциальных источников зажигания (требуется соблюдение стандартных мер контроля за состоянием пожарной безопасности);
- высокую — возникновение пожарной опасности наиболее вероятно из-за наличия потенциальных источников зажигания по причине отсутствия достаточных мер контроля (требуется выполнение дополнительных мер по обеспечению пожарной безопасности).

Последствия в случае возникновения пожароопасной ситуации аналогично разделяются на:

- незначительные — пожар не приведет к серьезным травмам или смерти людей;
- умеренные — пожар может привести к травмам (в том числе серьезным) одного или нескольких человек без смертельного исхода;
- критические — пожар может привести к серьезным травмам или смерти одного или нескольких человек.

Далее строится матрица рисков, представленная в табл. 2. На основании матрицы из табл. 2 выполняется ранжирование уровней рисков и мер, необходимых для контроля и снижения опасности (см. табл. 3).

Таким образом, при рассмотрении различных сценариев развития пожара можно оценить вероятность его возникновения, ожидаемые последствия и принять ряд необходимых мер, снижающих пожарную опасность объекта.

В качестве одного из возможных сценариев может стать воспламенение тяговой батареи в результате теплового разгона с последующим распространением огня на весь электромобиль и перехода пламени на рядом стоящие транспортные средства. Длительное воздействие пламени на строительные конструкции при тушении пожа-

Таблица 2. Матрица рисков «вероятность/последствие»

Вероятность	Последствие		
	Незначительное	Умеренное	Критическое
Низкая	Обычный риск	Допустимый риск	Умеренный риск
Средняя	Допустимый риск	Умеренный риск	Существенный риск
Высокая	Умеренный риск	Существенный риск	Недопустимый риск

Таблица 3. Характеристики различных уровней рисков

Уровень риска	Характеристика риска
Обычный	Никаких дополнительных действий по снижению пожарной опасности не требуется
Допустимый	Требуется незначительное усовершенствование существующих мер контроля за состоянием пожарной безопасности (требуется небольшие затраты)
Умеренный	Требуется принять дополнительные меры по снижению риска в короткие сроки (требуется средние затраты)
Существенный	Требуется принять ряд срочных мер по снижению риска (требуется значительные затраты)
Недопустимый	Требуется разработка комплекса мер по снижению риска (требуется огромные затраты)

ра может привести к обрушению несущих конструкций или перекрытий, что, в свою очередь, приведет к гибели людей. Вероятность такого события можно рассматривать как «Средняя», а последствия – «Критические». В данном случае принятие мер по увеличению расстояний между соседними транспортными средствами (увеличение площади мест парковки с ЭЗС), а также повышение пределов огнестойкости конструкций, ограждающих зону парковки электромотоцикла (дополнительная обработка огнезащитным составом или покрытие огнезащитой облицовкой), позволят снизить вероятность до уровня «Низкая», а последствия пожара до уровня «Незначительные».

Аналогичным образом можно рассмотреть различные сценарии, учитывающие особенности здания (жилое, нежилое, отдельная парковка или встроенная и т.д.). Далее оценить вероятность развития пожара и его последствий и выбрать ряд мер по снижению опасности для людей, имущества и самого здания с учетом особенностей процесса развития пожара в электромотоцикле и способов его тушения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Харламенков А.С. Пожарная безопасность парковочных мест электромобилей // Пожаровзрывобезопасность/ Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 32. № 6. С. 79–82. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.06.79-82
2. T0194 – Covered car parks – fire safety guidance for electric vehicles. Interim guidance to support parking and/or charging of electric vehicles and the installation of electric vehicle chargepoints in covered car parks // Office for Zero Emission Vehicles (OZEV). Ove Arup & Partners Limited. 2023.
3. Cluzel D., Sarrat P. Methode ERIC. Evaluation du Risque Incendie par le Calcul // Proc. CIB Symposium on Systems Approach to Fire Safety in Buildings. 1979. Vol. I. Pp. II/37–II/58.
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. Cui Y., Liu J., Cong B. et al. Characterization and assessment of fire evolution process of electric vehicles placed in parallel // Process Safety and Environmental Protection. 2022. Vol. 166. Pp. 524–534. DOI: 10.1016/j.psep.2022.08.055

Материал поступил в редакцию 20.01.2024

Received January 20, 2024

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 on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 763967; e-mail: h_a_s@live.ru