

УДК 699.81:629.331.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРКОВОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: НОРМАТИВНЫЕ РЕГЛАМЕНТЫ И ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Боронина¹ Л. В., Бодня² М. С., Добринская³ А. А., Сухов¹ А. С.

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: boroninalv@gmail.com

² Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18, e-mail: bodnya@mail.ru

³ Волгоградский государственный технический университет, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, e-mail: sax.nastyayandex.ru

Аннотация. Рост числа электромобилей меняет нагрузку на городскую инфраструктуру и предъявляет новые требования к безопасности паркингов. Закрытые парковочные пространства особенно уязвимы из-за высокой плотности транспорта и ограниченной вентиляции, что повышает вероятность крупных и трудноуправляемых пожаров. Необходимость интеграции систем мониторинга состояния батарей и улучшенной вентиляции становится ключевым фактором в снижении вероятности крупных инцидентов. Стремительный рост парка электромобилей во всем мире сопровождается увеличением количества пожаров с их участием. Тушение литиевых аккумуляторных батарей сопряжено с уникальными рисками: тепловое разгорание, выделение горючих и токсичных газов, интенсивное тепловыделение и повторное возгорание. Существующие исполнения типовых системы пожаротушения, рассчитанные на автомобили с двигателями внутреннего сгорания, часто неэффективны против возгорания литиевых батарей, что создает значительную угрозу для безопасности людей и сохранности имущества в закрытых паркингах. Это проявляется в ограниченной эффективности существующих систем распыления, проблемах с удалением продуктов горения и длительных работах по восстановлению объектов после инцидентов. Только сочетание инженерных, организационных и нормативных мероприятий обеспечивает устойчивое снижение рисков в паркингах для электромобилей. Это требует принципиально нового подхода к проектированию систем пожаротушения и комплексного анализа и корректировки нормативной базы. В статье проведен сравнительный обзор российской, американской и европейской нормативной документации в области проектирования систем пожаротушения для закрытых паркингов с электромобилями, на основе выявленных недостатков предложены современные российские решения проектирования.

Предмет исследования: Анализ нормативных требований и разработка практических проектных решений для обеспечения пожарной безопасности закрытых парковочных пространств, эксплуатируемых электромобилями.

Материалы и методы: Сопоставительный анализ действующих нормативных документов, моделирование сценариев теплового разгорания литий-ионных аккумуляторов, оценка эффективности систем обнаружения и тушения, а также экономико-техническая проверка предложенных мер.

Результаты: Выявлены ключевые вопросы в существующих стандартах и проектных схемах; обоснованы адаптированные схемы распыления и повышения кратности подачи огнетушащих агентов; предложены меры по локальному обнаружению теплового разгорания и рекомендации по организационно-технической подготовке персонала; проведена предварительная оценка соотношения затрат и ожидаемого сокращения ущерба.

Выводы: Необходима комплексная модернизация проектных подходов и нормативной базы с учётом специфики литиевых батарей: внедрение целевых инженерных решений, обновление регламентов эксплуатации и обучение персонала позволит существенно снизить риски для людей и имущества и повысит устойчивость паркингов к пожарам с участием электромобилей.

Ключевые слова: системы пожаротушения, электромобили, повторное возгорание, безопасность, литий-ионные батареи.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные паркинги в многоэтажных жилых домах, торгово-развлекательных комплексах и в других общественных зданиях традиционно отличаются рядом факторов, осложняющих потенциальные работы по тушению пожаров. Это прежде всего: ограничение по высоте, значительная пожарная нагрузка и сложности маневрирования.

В таких условиях первостепенное значение приобретает быстрое обнаружение очага возгорания и надежная система оповещения, поскольку задержка в реакции может привести к стремительному распространению огня в замкнутом пространстве. Однако традиционные датчики дыма и тепла часто срабатывают с запаздыванием при

тлеющих возгораниях аккумуляторов, поэтому требуется применение специализированных сенсоров и интегрированных систем мониторинга состояния батарей [1].

Пожары электромобилей характеризуются высокой температурой и выделением токсичных газов, что диктует необходимость усиленной вентиляции и контроля воздушных потоков, чтобы минимизировать риски для людей и пожарных [2-4]. При этом вентиляционные системы паркингов должны быть сконструированы так, чтобы позволять селективное удаление дыма без усиления тяги, способной распространить продукты горения по другим секциям здания. Доступность подъездных путей и площадок для маневрирования спецтехники — еще один ключевой фактор, требующий продуманной планировки проездов,

знаков и выделенных полос для экстренных служб [5,6]. Внутренняя разводка инженерных коммуникаций и наличие пожарных гидрантов должны соответствовать повышенным требованиям, включая возможность подачи воды и пенного состава к труднодоступным зонам [7-9]. Тактические схемы тушения также меняются: тушение батарей требует не только традиционных методов, но и длительного охлаждения, иногда с применением специальных ингибиторов и последовательных проливов. Поэтому важна подготовка и регулярные тренировки пожарных подразделений с отработкой сценариев, специфичных для гибридов и электромобилей, включая симуляцию выделения токсичных веществ. Не менее важна и информированность автовладельцев: маркировка автомобилей, правила размещения и зарядки, а также запрет на хранение аварийных аккумуляторов на парковках значительно снижают вероятность инцидентов [10,11].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Современные паркинги должны иметь выделенные зоны для зарядки электромобилей с автоматикой контроля температуры и защиты от короткого замыкания, а также системы аварийного отключения питания [12]. Интеграция систем видеонаблюдения, датчиков утечки газов и интеллектуальных алгоритмов анализа данных позволяет обнаруживать аномалии на ранних стадиях и направлять первые усилия именно туда, где они необходимы.

При проектировании новых объектов и реконструкции существующих следует учитывать принципы зональной защиты, создание противопожарных отсеков и доступных путей

эвакуации, чтобы ограничить возможный ущерб. Регулярное техническое обслуживание систем вентиляции, электрики и зарядных станций, а также инспекции мест хранения транспортных средств — это не формальность, а необходимость для снижения рисков. Наконец, координация между застройщиками, эксплуатационными организациями и экстренными службами, подкреплённая едиными регламентами и инструкциями, повышает готовность к быстрому и безопасному реагированию.

Увеличение популярности у автолюбителей гибридных автомобилей и электромобилей добавляет новый риск.

Необходимо отметить, что литий-ионные батареи различных модификаций имеют ряд преимуществ перед традиционными кислотнo-щелочными аккумуляторами по емкости, скорости зарядки и долговечности [13-16]. При этом физико-химические процессы, происходящие внутри батареи при ее повреждении или неправильной зарядке, обуславливают развитие специфического пожара из-за эффекта теплового разгона. В этом случае традиционная тактика тушения с использованием большого количества воды или пены не дает требуемого результата, а в условиях ограниченного пространства паркинга обуславливает высокий риск развития массового пожара: пожар электромобиля имеет большую в два раза проектную мощность по сравнению с обычным автомобилем с бензиновым двигателем внутреннего сгорания, что вызывает перегрев потолочного перекрытия над очагом пожара до 400–600 °С; продукты сгорания литий-ионного аккумулятора высокотоксичны и являются даже более опасным фактором пожара, чем теплоизбытки (рис.1).



Рис. 1. Закрытый паркинг для электромобилей после пожара (Корея)
Fig. 1. Closed parking for electric vehicles after a fire (Korea)

Для обеспечения безопасности в условиях возникновения нового риска необходимо, на наш взгляд, не только обеспечить отличительную маркировку на гибридных автомобилях и электромобилях, но и предусмотреть проектом зонирование территории паркинга на которых они размещаются, создать базы схем расположения батарей и силовой установки в автомобилях и предусмотреть разработку специальных правил тушения таких автомобилей, а также обеспечить реализацию регулярных профилактических мероприятий по локализации и тушению таких пожаров на территории подземных паркингов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Российское регулирование в значительной степени опирается на своды правил (СП), которые устанавливают базовые требования, но не всегда учитывают специфику разных объектов и новых технологий.

СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» является основным документом для проектирования систем пожаротушения закрытых паркингов. Согласно п. 5.1.1, табл. 5.1, закрытые паркинги легковых автомобилей классифицируются как помещения 2-й группы. Для них устанавливается стандартная интенсивность орошения, которая, как показывают исследования и практика, может быть недостаточной для подавления пожара.

Анализ документа СП 485.1311500.2020 показал, что в нем отсутствуют специальные требования к защите зон хранения и зарядки электромобилей. Это приводит к тому, что проектировщики вынуждены применять стандартные решения, которые являются неэффективными.

Однако в нормативный документ, регламентирующий проектирование автомобильных стоянок СП 113.13330.2023. Стоянки автомобилей. СНиП 21-02-99*, в 2025 году внесены изменения в п. 6.2.11. В соответствии с этим документом категории зданий и помещений стоянок автомобилей (за исключением пристроенных (встроенных) к зданиям класса функциональной пожарной опасности Ф1.4) по взрывопожарной и пожарной опасности следует определять расчетом в соответствии с СП 12.13130. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. При этом помещения хранения транспортных средств, работающих на бензине и дизельном топливе, гибридных и электромобилей следует относить к пожароопасным категориям и расчет проводить в соответствии с приложением Б СП 12.13130.2009.

Помещения хранения автомобилей с наличием газобаллонных автомобилей (в том числе при совместном хранении с автомобилями,

работающими на бензине или дизельном топливе, гибридными и электромобилями) следует относить к пожароопасным категориям, если свободный объем помещения, м³, определяемый по пункту 4 СП 12.13130.2009 превышает допустимый, определяемый по формуле:

$$V_{\text{доп}} = 17,92 * m * H_{\text{T}} * Z, \quad (1)$$

где m - масса газа (определяемая по СП 12.13130), которая может поступить в помещение при аварии топливной системы автомобиля, кг; H_{T} - удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг; Z - коэффициент участия горючих газов и паров в горении (по СП 12.13130).

Если свободный объем помещения хранения транспортных средств с наличием газобаллонных автомобилей меньше минимально допустимого, определенного по формуле (1), то оно должно быть оборудовано:

- непрерывно действующей системой автоматического контроля загазованности с установкой сигнализаторов до взрывоопасных концентраций газов и паров;

- аварийной вентиляцией кратностью, определяемой расчетом, но не менее пяти объемов в час со 100%-ным резервированием вентиляторов;

- электроснабжением аварийной вентиляции по первой категории надежности электроснабжения.

Согласно 6.2.12. СП 113.13330.2023 в закрытых стоянках автомобилей часть помещения, содержащая машиноместа с оборудованием для зарядки электромобилей и подзаряжаемых гибридных автомобилей, должна быть выделена в отдельную пожарную секцию площадью не более 1200 м² одним из следующих способов:

- противопожарными перегородками 1-го типа;
- зонами (проездами), свободными от горючей нагрузки, шириной не менее 8 м;

- зонами (проездами), свободными от горючей нагрузки, шириной не менее 6 м с устройством в середине зоны дренчерной завесы в одну нитку с расчетным числом оросителей при обеспечении по всей длине удельного расхода 1 л/(с·м) или автоматически опускающимися при пожаре на расчетную высоту противодымными экранами (шторами).

Выделение машино-мест с оборудованием для зарядки не требуется:

- в помещениях закрытых стоянок автомобилей площадью не более 1200 м²;

- в помещениях площадью более 1200 м², если общее число указанных машино-мест не превышает 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Мировым лидером отрасли по производству электромобилей за последние пять лет стал Китай, в 2025 году объем мирового рынка электромобилей достиг примерно 5196,9 млрд. долларов США [17,18]. Китай не только занимает львиную долю

этого рынка и формирует его структуру, но и ведет активную работу по обеспечению безопасной эксплуатации транспорта.

Подход Китая к регулированию безопасности паркингов с электромобилями отличается строгой централизацией, быстрой реакцией на национальные приоритеты и комплексным рассмотрением вопроса в рамках более широких правил для «новой энергетики» [19,20].

Базовым строительным нормативом, общим для всех паркингов, является GB 50067-2014 «Code for fire protection design of garages, motor repair shops and parking lots» ("Нормы противопожарного проектирования гаражей, станций техобслуживания и автостоянок"). Это основной аналог раздела СП для паркингов. Стандарт устанавливает общие требования к планировке, эвакуации, конструктивной огнестойкости и автоматическим установкам пожаротушения. Раздел 8.2.1 требует установки автоматических систем пожаротушения (как правило, водяных спринклерных) во всех закрытых паркингах и в открытых механизированных. Для определения параметров системы используется концепция "уровня опасности", схожая с категориями в СП.

Но Китай усовершенствовал нормативную базу и разработал отдельные стандарты, которые сосредоточены непосредственно на рисках, связанных с электромобилями: GB/T 51313-2018 "Technical standard for electric vehicle charging station design" ("Технический стандарт на проектирование зарядных станций для электромобилей").

Этот документ содержит прямое требование к пожарной безопасности угрозы исходящей от литиевых батарей. В разделе 12.1.4 установлено, что закрытые зарядные станции (включая зоны зарядки в паркингах) должны быть оснащены автоматическими системами пожаротушения, соответствующими высшему уровню опасности I (по классификации из GB 50140-2005 «Code for design of extinguisher distribution in buildings» и других стандартов). Это прямо указывает на необходимость применения усиленных мер по сравнению с обычными парковочными местами.

Аналогом СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» является GB 50084-2017 "Code for design of automatic sprinkler systems" ("Нормы проектирования автоматических спринклерных систем"), который содержит детальные требования к проектированию, монтажу и компонентам спринклерных систем.

В сочетании с требованием GB/T 51313-2018 об уровне опасности I, данный стандарт определяет конкретные параметры для зон зарядки: повышенную интенсивность орошения, уменьшенную площадь, защищаемую одним оросителем, и, как следствие, более плотную расстановку спринклеров.

Анализ российского и зарубежного нормативного законодательства позволяет сделать

вывод о том, для выработки единых подходов для обеспечения безопасности общественных пространств с электромобилями может стать разработка и согласование специальных технических условий (СТУ) на конкретный объект. В них должны быть обоснованы и установлены специальные требования при проектировании закрытых паркингов для электромобилей:

- повышение категории группы помещений для зон с электромобилями (например, с 2-й на 3-ю группу по СП 485.1311500.2020 для увеличения интенсивности орошения);
- применение комбинированных систем пожаротушения. Например, дренчерных завес для локализации пожара в зоне электромобильного ряда машин, разделения зон, или спринклерных оросителей с принудительным пуском для максимально раннего и целенаправленного воздействия на очаг возгорания;
- увеличение времени подачи огнетушащего вещества (воды) для длительного охлаждения батарейного блока.

Предлагаем рассмотреть одно из эффективных проектных решений системы пожаротушения закрытого паркинга с машино-местами под электромобили, разработанный на основе специальных технических требований по пожарной безопасности (СТУ ПБ), разработанным на основании Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Согласно техническому заданию необходимо разместить машино-места для электромобилей и подзаряжаемых гибридных автомобилей, в том числе с оборудованием для их зарядки.

В соответствии с пунктами 3.2.4.2 и 3.2.4.3 СТУ, машино-места необходимо предусматривать в составе группы (групп) и (или) одиночно. В каждой отдельной группе допускается размещение не более 10 машино-мест.

Каждая группа и (или) одиночное машино-место должны быть дополнительно выделены с четырех сторон одним из следующих способов или их сочетанием:

- перегородками (стенами) с пределом огнестойкости не менее EI 45;
- дренчерными завесами с автоматическим и дистанционным запуском и удельным расходом воды не менее 1 л/с на погонный метр длины завесы и временем работы не менее 60 минут (допускается секционированный запуск дренчерной завесы длиной по 3 м);
- автоматическими противопожарными шторами или воротами с пределом огнестойкости не менее EI 45;
- спринклерными оросителями с шагом 1,5 м с принудительным пуском и с интенсивностью орошения по группе помещений 3 таблицы 6.1 СП

485.1311500.2020, установленными по периметру группы.

Допускается отделять сторону группы (при рядовом (прямолинейном) расположении машино-мест в группе), обращенную в место выезда из машино-места, не менее чем двумя спринклерными оросителями на каждое машино-место или отделять место выезда из выделенной группы (при не прямолинейном расположении машино-мест в группе или при расположении машино-мест в два и более ряда) спринклерными оросителями из расчёта один спринклерный ороситель на 1 м ширины места выезда из выделенной группы (если у выделенной группы одно место выезда), указанные спринклерные оросители следует предусмотреть с

принудительным пуском с интенсивностью орошения по группе помещений 3 таблицы 6.1 СП 485.1311500.2020. Установку автоматического пожаротушения для защиты пожарных секций с машино-местами для электромобилей и подзаряжаемых гибридных автомобилей, в том числе с оборудованием для их зарядки, следует предусмотреть по группе помещений 3 таблицы 6.1 СП 485.1311500.2020.

В соответствии с СТУ ПБ на объекте было предусмотрено повышение категории помещения паркинга до 3, согласно таблице 6.1 СП 485.1311500.2020 и устройство перегородками (стенами) с пределом огнестойкости не менее EI 45 (рис. 2).

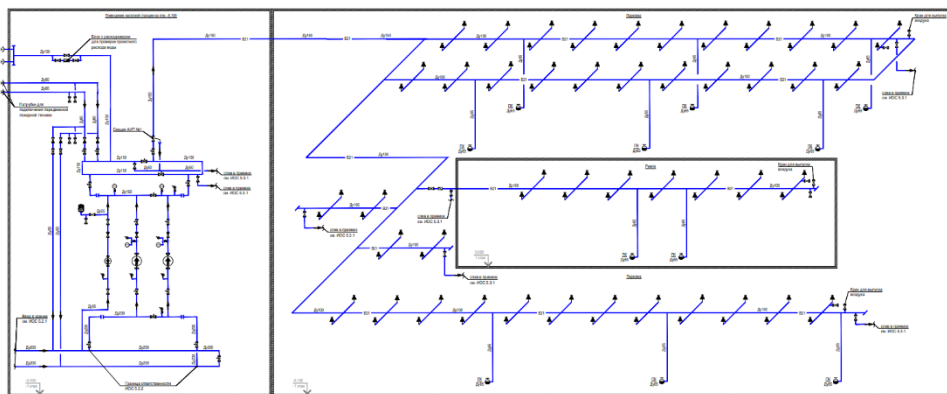


Рис. 2. Принципиальная схема системы АУПТ, совмещенной с ВПВ и НС на объекте строительства
Fig. 2. Schematic diagram of the AUPT system combined with ERW and HC at the construction site

Авторами предлагается реализовать дополнительные мероприятия для обеспечения пожарной безопасности подземных паркингов с машино-местами под электромобили:

1) стоит выделить пожарную секцию не только для мест зарядки, но и для мест стоянки. Потому что, как показывает статистика количество возгораний при зарядке практически сопоставимо с количеством зарядки на парковке. Поэтому риск возгорания примерно одинаков.

2) почти все публикации, с которыми я ознакомился, в унисон говорят о неэффективности тушения самих электромобилей водой. Повышение мощности системы пожарного водоснабжения выглядит убедительным аргументом с точки зрения создания водяной завесы и повышения защиты соседних секций.

3) сами автомобили необходимо тушить с помощью специальных модулей для тушения пожаров класса Д и Е в специальной секции для электромобилей и гибридов, они могут быть автономными и не потребуют таких же значительных затрат на проектирование и монтаж при строительстве;

4) выделение при пожаре литий-ионных батарей также потребует повышение мощности систем вентиляции в пожарной секции для электромобилей в связи с выделением значительного количества фтористого водорода.

ВЫВОДЫ

Установлено, что существующие риски, связанные с эксплуатацией и хранением электромобилей, принципиально отличаются от традиционных пожаров автомобилей с ДВС. Эффект теплового разгона литий-ионных батарей, высокая токсичность продуктов горения и возможность повторного возгорания требуют пересмотра устоявшихся подходов к противопожарной защите. Количественные параметры пожарной нагрузки в зонах размещения электромобилей, как показано в расчетах, превышают нормативные значения для стандартных машино-мест, что подтверждает необходимость ужесточения требований. Базовые российские документы (СП 485.1311500.2020, СП 113.13330.2023) не содержат специальных требований к защите зон хранения и зарядки электромобилей, в 2025 году ввели их фрагментарно. На основе выявленных расхождений предложен механизм компенсации недостатков российской нормативной базы через разработку специальных технических условий (СТУ). Представленное в статье проектное решение для закрытого паркинга демонстрирует эффективность комплекса мер: выделение машино-мест в отдельные пожарные секции, повышение категории помещения до 3-й группы (интенсивность орошения

0,24 л/(с·м²) против стандартных 0,12 л/(с·м²), применение дренчерных завес с удельным расходом не менее 1 л/(с·м²) и использование спринклерных оросителей с принудительным пуском. Расчеты подтвердили, что данные мероприятия позволяют локализовать возгорание в пределах одной секции и обеспечить необходимое время для эвакуации людей и прибытия пожарных подразделений.

Дополнительные меры, предложенные авторами — выделение секций не только для зарядки, но и для стоянки электромобилей (ввиду сопоставимой статистики возгораний), применение автономных модулей тушения для классов пожаров Д и Е, а также усиление систем вентиляции для удаления фтористого водорода — должны стать предметом дальнейшей нормативной проработки и включения в актуализированные своды правил.

Таким образом, обеспечение пожарной безопасности закрытых паркингов для электромобилей требует комплексного подхода, сочетающего совершенствование нормативной базы по опыту зарубежных стран (Китай, США, ЕС) и внедрение инженерно-технических решений, адаптированных к специфике горения литий-ионных батарей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башкирцев В.И., Платонов А.С. Пожарная безопасность объектов хранения и зарядки электромобилей: новые вызовы и решения. Санкт-Петербург : Политехника, 2022. 215 с.
2. Гончаров С.А., Ключев В.В. Автоматические системы пожаротушения: проектирование и расчет. Москва : Стройиздат, 2020. 348 с.
3. Кимстач И.Ф., Самойлов Д.А. Пожарная тактика. Тушение пожаров в условиях интенсивного развития технологий. Москва : Спецтехника, 2021. 412 с.
4. Муровский С.П. Оценка воздействия автотранспорта на окружающую среду Симферополя // Строительство и техногенная безопасность. 2005. № 10. С. 156-160.
5. Ройтман В.М. Основы пожарной безопасности в строительстве. Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 336 с.
6. Стефаненко И.В., Алексиков С.В., Болдин А.И., Сомова К.В. Обоснование схемы автомобильных парковок // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. № 51(70). С. 103-109.
7. Мешман Л.В., Цариченко С.Г., Былинкин В.А. [и др.]. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения. Москва : ВНИИПО МЧС России, 2023. 496 с.
8. Петров И.В., Матюшин А.В. Особенности тушения пожаров в электромобилях // Пожарная безопасность. 2023. № 3 (108). С. 72-79.
9. Коломиец А.М., Зернов Д.А. Анализ современных систем пожаротушения для закрытых

паркингов // Технологии техносферной безопасности. 2024. № 2 (96). С. 45-53.

10. Громовой В.А., Пузач С.В. Пожарная безопасность подземных паркингов для электромобилей: анализ рисков и проектные решения // Пожаровзрывобезопасность. 2025. Т. 34, № 1. С. 22-31. DOI 10.22227/0869-7493.2025.34.01.22-31.

11. Собратьев С.В. Электромобили и зарядные станции: пожарная безопасность при эксплуатации и хранении : монография. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Пожнаука, 2024. 312 с.

12. Обеспечение пожарной безопасности многофункциональных высотных зданий и комплексов : монография. Под общей редакцией В. М. Ройтмана. Москва : Академия ГПС МЧС России, 2019. 248 с.

13. Афанасьев А.Ю., Федотов Д.В. Моделирование теплового разгона литий-ионных аккумуляторов в условиях закрытой автостоянки // Безопасность труда в промышленности. 2025. № 2. С. 58-65. DOI 10.24000/0409-2961-2025-2-58-65.

14. Sun P.A., Bisschop R., Niu H., Huang X. Review of Battery Fires in Electric Vehicles // Fire Technology. 2020. Vol. 56, No. 4. pp. 1361-1410. DOI 10.1007/s10694-019-00944-3.

15. Shen R. et al. Fire safety of battery electric vehicles: hazard identification, detection, and mitigation // SAE International Journal of Electrified Vehicles. 2024. Т. 13. №. 14-13-03-0024. pp. 279-294.

16. Chow W. K., Chow C. L. Electric vehicle fire hazards associated with batteries, combustibles and smoke // International Journal of Automotive Science and Technology. 2022. Т. 6. №. 2. pp. 165-171.

17. National Fire Protection Association. NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Quincy, MA : NFPA, 2022. 425 p.

18. National Fire Protection Association. NFPA 88A: Standard for Parking Structures. Quincy, MA : NFPA, 2023. 56 p.

19. Государственное управление по надзору за рынком КНР. Code for fire protection design of garages, motor repair shops and parking lots : GB 50067-2014. Пекин : China Planning Press, 2014. 112 с.

20. Государственное управление по надзору за рынком КНР. Technical standard for electric vehicle charging station design : GB/T 51313-2018. Пекин : China Architecture & Building Press, 2018. 78 с.

REFERENCES

1. Bashkirtsev V.I., Platonov A.S. Pozharnaya bezopasnost obektov khraneniya i zaryadki elektromobiley: novye vizovi i resheniya [Fire safety of electric vehicle storage and charging facilities: new challenges and solutions]. Sankt-Peterburg : Politekhnik, 2022. 215 s. (In Russian).
2. Goncharov S.A., Klyuev V.V. Avtomaticheskie sistemi pozharotusheniya: proektirovanie i raschet [Automatic fire extinguishing systems: design and

calculation]. Moskva : Stroizdat, 2020. 348 s. (In Russian).

3. Kimstach I.F., Samoilov D.A. Pozharnaya taktika. Tushenie pozharov v usloviyakh intensivnogo razvitiya tekhnologii [Fire tactics. Extinguishing fires in conditions of intensive technology development]. Moskva : Spetstekhnika, 2021. 412 s. (In Russian).

4. Murovskii S.P. Otsenka vozdeistviya avtotransporta na okruzhayushchuyu sredu Simferopolya [Assessment of the impact of motor transport on the environment of Simferopol] // Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost. 2005. № 10. S. 156-160. (In Russian).

5. Roitman V.M. Osnovi pozharnoi bezopasnosti v stroitelstve [Fundamentals of fire safety in construction]. Moskva : Izdatelstvo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov, 2019. 336 s. (In Russian).

6. Stefanenko I.V., Aleksikov S.V., Boldin A.I., Somova K.V. Obosnovanie skhemi avtomobilnykh parkovok [Justification of the parking scheme] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura. 2018. № 51(70). S. 103-109. (In Russian).

7. Meshman L.V., Tsarichenko S.G., Bilinkin V.A. [i dr.]. Proektirovanie vodyanikh i pennikh avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya [Design of automatic water and foam extinguishing systems]. Moskva : VNIPO MChS Rossii, 2023. 496 s. (In Russian).

8. Petrov I.V., Matyushin A.V. Osobennosti tusheniya pozharov v elektromobilyakh [Features of fire extinguishing in electric vehicles] // Pozharnaya bezopasnost. 2023. № 3 (108). S. 72-79. (In Russian).

9. Kolomiets A.M., Zernov D.A. Analiz sovremennikh sistem pozharotusheniya dlya zakritykh parkingov [Analysis of modern fire extinguishing systems for closed parking lots] // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. 2024. № 2 (96). S. 45-53. (In Russian).

10. Gromovoi V.A., Puzach S.V. Pozharnaya bezopasnost podzemnykh parkingov dlya elektromobilei: analiz riskov i proektnie resheniya [Fire safety of underground parking lots for electric vehicles: risk analysis and design solutions] // Pozharovzrivobezopasnost. 2025. T. 34, № 1. S. 22-31. DOI 10.22227/0869-7493.2025.34.01.22-31. (In Russian).

11. Sobur S.V. Elektromobili i zaryadnie stantsii: pozharnaya bezopasnost pri ekspluatatsii i khraneni [Electric vehicles and charging stations: fire safety during operation and storage] : monografiya. 3-e izd., pererab. i dop. Moskva : Pozhnauka, 2024. 312 s. (In Russian).

12. Obespechenie pozharnoi bezopasnosti mnogofunktsionalnykh visotnykh zdaniy i kompleksov [Ensuring fire safety of multifunctional high-rise buildings and complexes] : monografiya. Pod obshchei redaktsiei V. M. Roitmana. Moskva : Akademiya GPS MChS Rossii, 2019. 248 s. (In Russian).

13. Afanasev A.Yu., Fedotov D.V. Modelirovanie teplovogo razgona litii-ionnykh akkumulyatorov v usloviyakh zakritoi avtostoyanki [Simulation of thermal acceleration of lithium-ion batteries in a closed parking lot] // Bezopasnost truda v promishlennosti. 2025. № 2. S. 58-65. DOI 10.24000/0409-2961-2025-2-58-65. (In Russian).

14. Sun P.A., Bisschop R., Niu H., Huang X. Review of Battery Fires in Electric Vehicles // Fire Technology. 2020. Vol. 56, No. 4. pp. 1361-1410. DOI 10.1007/s10694-019-00944-3.

15. Shen R. et al. Fire safety of battery electric vehicles: hazard identification, detection, and mitigation // SAE International Journal of Electrified Vehicles. 2024. T. 13. №. 14-13-03-0024. pp. 279-294.

16. Chow W. K., Chow C. L. Electric vehicle fire hazards associated with batteries, combustibles and smoke // International Journal of Automotive Science and Technology. 2022. T. 6. №. 2. pp. 165-171.

17. National Fire Protection Association. NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Quincy, MA : NFPA, 2022. 425 p.

18. National Fire Protection Association. NFPA 88A: Standard for Parking Structures. Quincy, MA : NFPA, 2023. 56 p.

19. Gosudarstvennoe upravlenie po nadzoru za rinkom KNR [The State Administration for Market Supervision of the People's Republic of China]. Code for fire protection design of garages, motor repair shops and parking lots : GB 50067-2014. Pekin : China Planning Press, 2014. 112 s.

20. Gosudarstvennoe upravlenie po nadzoru za rinkom KNR [The State Administration for Market Supervision of the People's Republic of China]. Technical standard for electric vehicle charging station design : GB/T 51313-2018. Pekin : China Architecture & Building Press, 2018. 78 s.

ENSURING FIRE SAFETY OF PARKING SPACES FOR ELECTRIC VEHICLES: REGULATORY REGULATIONS AND DESIGN DECISIONS

Boronina¹ L.V., Bodnya² M.S., Dobrinskaya³ A.A., Sukhov¹ A.S.

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, 129337, Moscow, Yaroslavskoye highway, 26, e-mail: boroninalv@gmail.com

² Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, 414056, Astrakhan, Tatisheva str., 18, e-mail: bodnya@mail.ru

³ Volgograd State Technical University, 400074, Volgograd, Akademicheskaya str., 1, e-mail: sax.nastya@yandex.ru

Abstract. The growing number of electric vehicles is changing the burden on urban infrastructure and placing new demands on parking safety. Enclosed parking spaces are particularly vulnerable due to high traffic density and limited ventilation, which increases the likelihood of large and difficult-to-control fires. The need to integrate battery monitoring systems and improved ventilation is becoming a key factor in reducing the likelihood of major incidents. The rapid growth of the fleet of electric vehicles worldwide is accompanied by an increase in the number of fires involving them. Extinguishing lithium batteries carries unique risks: thermal flare-up, release of flammable and toxic gases, intense heat generation and re-ignition. Existing versions of standard fire extinguishing systems designed for cars with internal combustion engines are often ineffective against ignition of lithium batteries, which poses a significant threat to the safety of people and the safety of property in closed parking lots. This is reflected in the limited effectiveness of existing spray systems, problems with the removal of combustion products, and lengthy work on the restoration of facilities after incidents. Only a combination of engineering, organizational and regulatory measures ensures sustainable risk reduction in parking lots for electric vehicles. This requires a fundamentally new approach to the design of fire extinguishing systems and a comprehensive analysis and adjustment of the regulatory framework. The article provides a comparative review of Russian, American and European regulatory documentation in the field of fire extinguishing systems design for enclosed parking lots with electric vehicles, based on the identified shortcomings, modern Russian design solutions are proposed.

Subject: Analysis of regulatory requirements and development of practical design solutions to ensure fire safety of enclosed parking spaces operated by electric vehicles.

Materials and methods: Comparative analysis of current regulatory documents, modeling scenarios of thermal ignition of lithium-ion batteries, evaluation of the effectiveness of detection and extinguishing systems, as well as economic and technical verification of the proposed measures.

Results: Key issues in existing standards and design schemes have been identified; adapted schemes for spraying and increasing the frequency of supply of extinguishing agents have been substantiated; measures for local detection of thermal ignition and recommendations for organizational and technical training of personnel have been proposed; a preliminary assessment of the cost ratio and the expected damage reduction has been carried out.

Conclusions: A comprehensive modernization of design approaches and regulatory framework is needed, taking into account the specifics of lithium batteries: the introduction of targeted engineering solutions, updating operating regulations and staff training will significantly reduce risks to people and property and increase the resistance of parking lots to fires involving electric vehicles.

Key words: fire extinguishing systems, electric vehicles, re-ignition, safety, lithium-ion batteries.