

Научная статья

УДК 614.841.48; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-145-155

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

✉Астахина Юлия Анатольевна;

Королева Людмила Анатольевна.

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

✉yulya_astahina@mail.ru

Аннотация. В условиях стремительного внедрения электромобилей в повседневную жизнь общества возникает потребность в системной оценке их пожарной опасности на этапе выбора, особенно в ситуации ограниченной статистики реальных инцидентов. В статье предложена оригинальная методика сравнительной оценки пожарной опасности транспортных средств с разными типами силовых установок – электромобилей, автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, гибридных электромобилей. Данная работа подтверждает, что методы многокритериального анализа решений (метод анализа иерархий, метод простого аддитивного взвешивания) позволяют теоретически оценивать возможные негативные последствия даже при отсутствии статистических данных, создавая основу для принятия обоснованных решений.

Ключевые слова: электромобиль, статистика, метод анализа иерархий, метод простого аддитивного взвешивания, многокритериальный анализ

Для цитирования: Астахина Ю.А., Королева Л.А. Многокритериальная оценка пожарной опасности автомобилей с разными типами силовых установок в условиях недостатка статистических данных // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 2 (78). С. 145–155. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-145-155

Scientific article

MULTI-CRITERIA ASSESSMENT OF THE FIRE HAZARD OF VEHICLES WITH DIFFERENT TYPES OF POWER PLANTS IN THE CONTEXT OF A LACK OF STATISTICAL DATA

✉Astahina Yulia A.;

Koroleva Lyudmila A.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉yulya_astahina@mail.ru

Abstract. With the rapid introduction of electric vehicles into everyday life, there is a need for a systematic assessment of their fire hazard at the selection stage, especially given limited statistics on actual incidents. This article proposes an original method for comparatively assessing the fire hazard of vehicles with different powertrain types – electric vehicles, vehicles with internal combustion engines, and hybrid electric vehicles. This study confirms that multicriteria decision analysis methods (analytic hierarchy process, simple additive weighting) allow for theoretical assessment of potential negative consequences even in the absence of statistical data, creating a basis for informed decision-making.

Keywords: electric vehicle, statistics, analytic hierarchy process, simple additive weighting method, multicriteria analysis

For citation: Astahina Yu.A., Koroleva L.A. Multi-criteria assessment of the fire hazard of vehicles with different types of power plants in the context of a lack of statistical data // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 2 (78). P. 145–155. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-145-155

Введение

Пожарная безопасность транспортных средств (ТС) представляет собой одну из важнейших составляющих обеспечения общественной безопасности, особенно в свете быстрой трансформации автомобильной отрасли, которая наблюдается в последние годы. С внедрением новых технологий и электрификацией транспорта на первый план выходят не только экологические и экономические вопросы целесообразности, а также детально изучается их поведение в аварийных и экстремальных ситуациях, включая пожароопасные состояния.

Одной из наиболее распространенных причин возгорания автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) является нарушение правил устройства и эксплуатации ТС¹.

Появление электромобилей сформировало дополнительную область вопросов их пожаробезопасной эксплуатации. Электромобили оснащены литий-ионными аккумуляторами, способными поддерживать тепловой разгон. Это означает, что в случае перегрева, повреждения аккумулятора и других негативных воздействий может произойти неконтролируемое возгорание, которое будет сложно потушить [1–3].

В дополнении, рассматривая гибридные электромобили, объединяющие в себе ДВС и электрическую силовую установку, отмечается следующее: помимо приобретенных опасностей, свойственных обоим типам ТС, дополнительно добавляются сложности, связанные с взаимодействием компонентов двух разных систем. Следовательно, есть вероятность новых непредсказуемых ситуаций, которые будут требовать особого внимания от производителей и пользователей [4].

В настоящее время существуют общественные опасения, сопряженные с вероятностью возгорания и взрыва электромобилей. Однако некоторые исследования опровергают эти беспокойства, показывая, что электромобили в реальности горят реже, чем автомобили с ДВС [5, 6].

Австралийская компания EV FireSafe, осуществляющая работу по сбору данных о возгораниях электромобилей по всему миру, опубликовала информацию за период с 2010 г. по июнь 2023 г. За это время было зарегистрировано около 400 подтвержденных случаев возгорания аккумуляторов в электромобилях, что значительно меньше количества возгораний автомобилей с ДВС².

Управление социальной защиты и готовности Швеции (MSB) опубликовало информацию о 24 возгораниях электромобилей за 2022 г., что составило всего 0,004 % от 611 000 электромобилей в стране на тот момент. В сравнении (с аналогичным периодом) для автомобилей, работающих на бензине или дизельном топливе, уровень возгораний составил 0,08 %³.

Необходимо отметить, что за 2024 г. в Российской Федерации отсутствует официальная статистика, касающаяся причин и обстоятельств возгораний электромобилей. Существующие эмпирические данные носят фрагментарный характер и часто основываются на отчетах средств массовой информации или единичных расследованиях отдельных инцидентов.

¹ Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналит. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.

² How common are electric car fires? Consumer Affairs Journal of consumer research. 2024. 25 июля. URL: <https://www.consumeraffairs.com/automotive/electric-car-fire-statistics.html#how-common-are-electric-car-fires> (дата обращения: 01.11.2025).

³ Там же

Современный транспортный парк Российской Федерации характеризуется возрастающим разнообразием силовых установок. Каждый тип установки обладает отличительными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками, определяющими особенности возникновения и развития пожара. Разработка обоснованных мер по обеспечению пожарной безопасности автотранспорта невозможна без точного установления причин и обстоятельств возникновения пожара. Ключевым этапом решения данной задачи является применение методов оценки пожарной опасности ТС.

Цель статьи – оценить возможность применения многокритериальной оценки пожарной опасности автомобилей с разными типами силовых установок в условиях недостатка статистических данных.

Методы исследования

Для комплексной оценки и сравнительного анализа пожарной опасности ТС, использующих традиционные и альтернативные источники энергии, в работе применяется метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати [7] и метод простого аддитивного взвешивания (SAW) [8].

МАИ получил широкое распространение в решении задач промышленного планирования, банковской деятельности, проектирования технических систем и ядерной энергетики [7], также был успешно применен для оценки пожаровзрывобезопасности ТС на газообразном топливе [9], оценки частоты инициирующих пожароопасные ситуации событий для подземных емкостей автомобильной газозаправочной станции [10], при выборе противопожарной техники [11]. Ключевым преимуществом данного подхода является возможность поддержки принятия компромиссных решений в условиях многокритериальности, позволяющая учитывать, как формализуемые, так и неформализуемые факторы при отсутствии явных аналитических зависимостей между ними [7].

Классической версией метода многокритериальной оценки является метод SAW, активно применяемый в логистике, здравоохранении, экологии и инженерии [8]. Реализация метода заключается в представлении «функции ценности, которая устанавливается на основе простого сложения баллов, представляющих достижение цели по каждому критерию, умноженных на соответствующие веса» [12].

Оба метода основаны на многоаспектной оценке и используют взвешенную сумму для агрегации критериев, однако расчетные методики отличаются, поэтому сопоставление результатов способствует выявлению искажений и ошибок.

Результаты исследования и их обсуждение

Недостаток данных о возгораниях некоторых категорий ТС требует проведения сравнительного анализа основных типов легковых автомобилей – электрического, гибридного и автомобиля с ДВС. Сопоставление можно проводить по разным критериям: по анализу технических характеристик, по оценке влияния на окружающую среду, экономику и общество. Значительный интерес представляет оценка пожарной опасности при их эксплуатации.

Анализ литературных источников [1, 2, 13] и изучение материалов расследований по фактам произошедших пожаров на электротранспорте позволили установить процентное распределение причин возгорания электромобилей: 36 % – погружение в воду; 19 % – столкновение (в результате дорожно-транспортного происшествия (ДТП)); 17 % – зарядка; 17 % – парковка; 7 % – движение; 4 % – акт вандализма и разработать критерии, отражающие состояние ТС в момент начала его возгорания (рис. 1).

Представленные данные позволяют идентифицировать потенциально пожароопасные состояния электромобилей. Однако комплексная оценка пожарной опасности ТС на традиционном и альтернативном топливе на основе указанных критериев требует

дальнейшего изучения. Первым методом, примененным для проведения многокритериальной оценки пожарной опасности автомобилей с разными типами силовых установок в условиях недостаточности статистических данных, был МАИ.

На первом этапе МАИ строится иерархическая структура, которая состоит из цели, критериев и альтернатив (рис. 1).



Рис. 1. Декомпозиция задачи в иерархию

Графическое представление способствует лучшему пониманию решаемой задачи.

Вторым этапом определяются приоритеты критериев и альтернатив. Исходная информация для расчета приоритетов собиралась в ходе опроса 25 экспертов и обрабатывалась математически. В состав экспертной группы вошли специалисты, обладающие компетенциями в области пожарно-технической экспертизы и технической эксплуатации автомобилей. Элементы иерархии экспертами сравнивались попарно по отношению к их влиянию на общую для них характеристику по шкале от 1 до 9 [7], результаты записывались в виде обратно симметричной матрицы.

Обратно симметричной матрицей является квадратная матрица, в которой элементы, симметричные относительно главной диагонали являются взаимно обратными величинами (табл. 1) [7]. Обратная симметричность – необходимое условие логической непротиворечивости экспертных суждений в рамках МАИ.

Таблица 1

Пример заполнения матрицы попарных сравнений критериев одного из экспертов

цель	погружение	столкновение (ДТП)	зарядка (заправка)	парковка	движение
погружение	1	1/7	1/7	9	7
столкновение (ДТП)	7	1	1/8	9	9
зарядка (заправка)	7	8	1	9	8
парковка	1/9	1/9	1/9	1	1/6
движение	1/7	1/9	1/8	6	1

Фактически приоритеты представляют собой относительные веса, которые могут принимать значения от 0 до 1. Чем больше величина приоритета, тем наиболее существенным является соответствующий ему элемент иерархии. Итоговые результаты расчета приоритетов приведены на рис. 2.

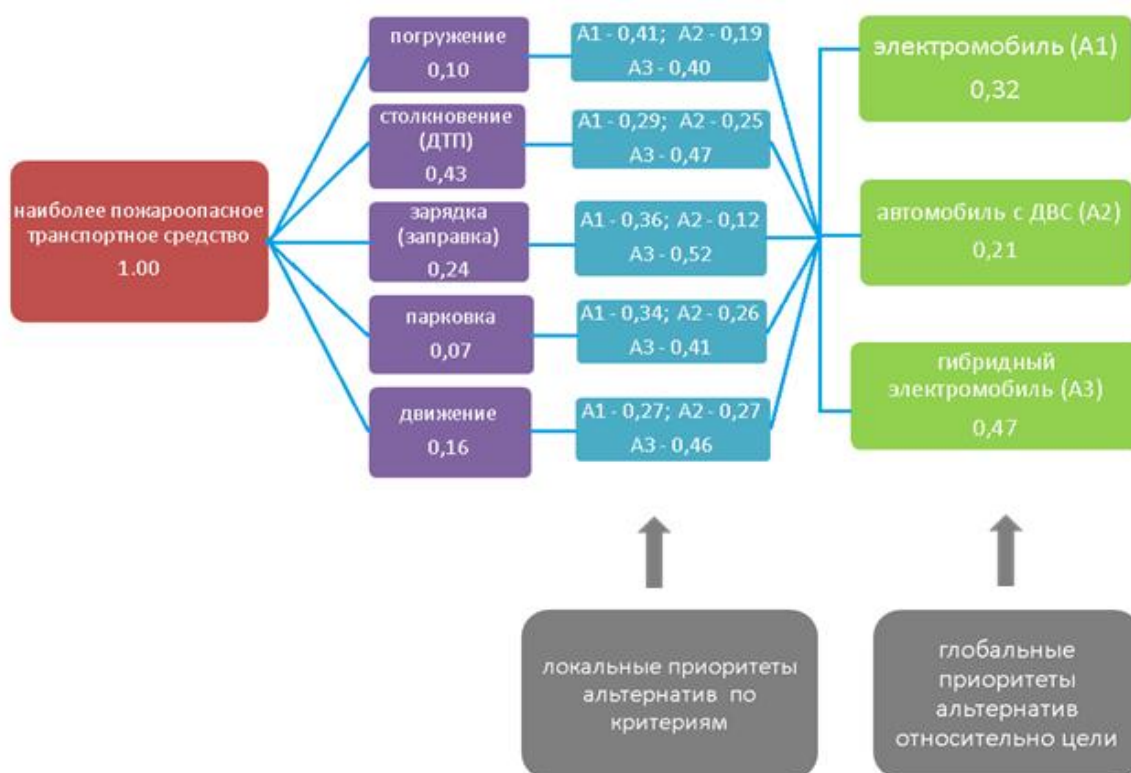


Рис. 2. Перекрестный граф проблемы

Третьим этапом МАИ определяется индекс согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС).

В МАИ все суждения отражают субъективные мнения экспертов, и сравнение элементов, которые имеют количественные эквиваленты, могут быть несогласованными из-за наличия погрешности. В методике расчета предусмотрен способ оценки степени согласованности полученных результатов. Проверка ограниченности оценки приоритетов методом вычисления ИС осуществляется по формуле:

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

где n – размерность матрицы, $\lambda_{\max}$ – собственное значение матрицы.

Далее вычисляется ОС по формуле:

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{СС}},$$

где СС – значение случайной согласованности, получаемое при сравнении ИС с той величиной, которая получилась бы при случайном выборе суждений по фундаментальной шкале (1...10) для заданного значения [7, 14].

Величина ОС должна быть в пределах от 0 до 0,1, чтобы данными можно было воспользоваться для расчета. Если ОС выходит за эти пределы, то экспертам нужно предложить перепроверить свои суждения.

На заключительном этапе МАИ определяются альтернативы с наибольшим глобальным приоритетом, то есть наилучшие решения.

Использование МАИ позволило провести комплексную оценку пожарной опасности рассматриваемых ТС. Полученные системные оценки составили: 0,32 для электромобилей, 0,21 для автомобилей с ДВС, 0,47 для гибридных электромобилей (рис. 3 а, б).

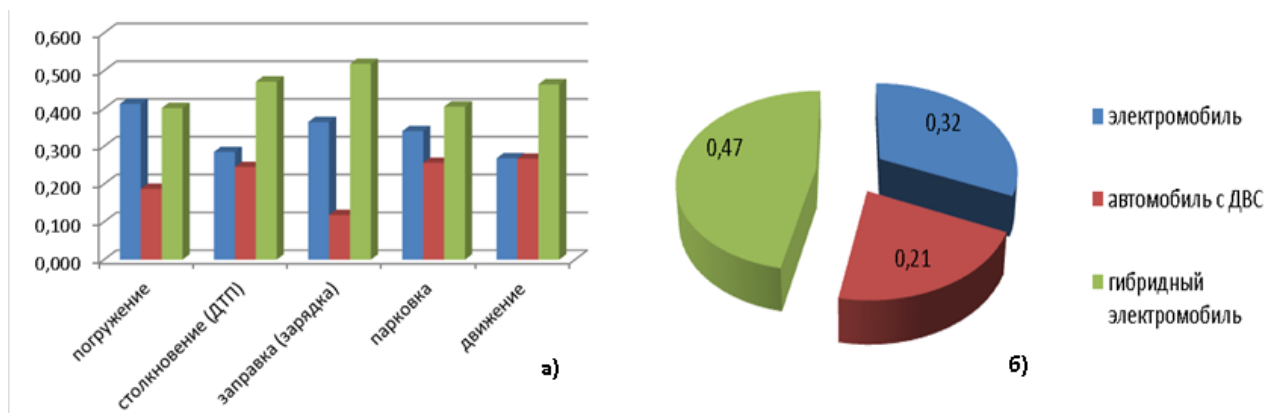


Рис. 3. Графическое представление итоговых результатов, полученных МАИ

Таким образом, в рамках использования МАИ уровень пожарной опасности электромобилей превышает аналогичный показатель для автомобилей с ДВС, но не достигает значений, характерных для гибридного транспорта.

Наибольший уровень пожарной опасности при эксплуатации электромобилей, согласно результатам расчетной оценки, связан со следующими сценариями: погружением в воду и зарядкой. Для ТС в целом наиболее опасны столкновения (ДТП) и зарядка (заправка).

Наряду с МАИ для решения задач выбора в многокритериальной системе принятия решений использован SAW.

Первым этапом расчета является сбор экспертных оценок важности критериев и данных по альтернативам (от 25 экспертов по шкале от 0 до 10). После нормализации данных по важности критериев в веса были получены следующие показатели (табл. 2):

Таблица 2

Нормализация данных по важности критериев в веса (W_j)

критерий	значение
погружение	0,190
столкновение (ДТП)	0,367
зарядка (заправка)	0,253
парковка	0,089
движение	0,101
сумма	1,000

Результаты при усреднении средней оценки альтернатив по критериям представлены на диаграмме (рис. 4).

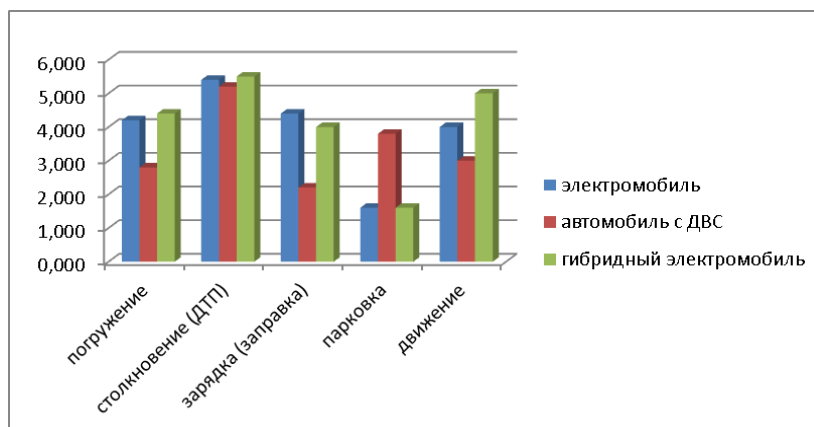


Рис. 4. Диаграмма усредненной средней оценки альтернатив по критериям

Вторым этапом проводится нормализация оценок альтернатив по критериям, так как происходит преобразование исходных оценок в безразмерные значения, чтобы они были сопоставимы между собой. Для критериев, подлежащих минимизации, нормализованные оценки рассчитываются по формуле (1), где наилучшая альтернатива будет соответствовать $r_{ij}=1$, наихудшая $r_{ij}=0$. Согласно специфике рассматриваемой темы все критерии будут минимизированы.

$$r_{ij} = \frac{\frac{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - x_{ij}}{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - \min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}}{\frac{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - \min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - \min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}} \quad (1)$$

где r_{ij} – нормализованная оценка, x_{ij} – исходное значение, x_{kj} – значение k -й альтернативы по тому же критерию, $\frac{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj}}{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - \min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}$ – максимальное значение по критерию C_j , $\frac{\min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}{\max_{k=1,\dots,m} x_{kj} - \min_{k=1,\dots,m} x_{kj}}$ – минимальное значение по критерию C_j , m – число альтернатив, j – номер критерия, i – номер альтернативы.

Нормализованная матрица решений представлена в табл. 3.

Таблица 3

Минимизированная таблица значений

	погружение	столкновение (ДТП)	зарядка (заправка)	парковка	движение
электромобиль	0,125	0,333	0,000	1,000	0,500
автомобиль с ДВС	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
гибридный электромобиль	0,000	0,000	0,182	1,000	0,000

Примечание: ячейки зеленого цвета обозначают высокий уровень соответствия (альтернатива по данному критерию является лучшим вариантом), ячейки желтого цвета обозначают низкий уровень соответствия (альтернатива по данному критерию является худшим вариантом).

Заключительным этапом в SAW является расчет итоговой суммарной оценки каждой альтернативы, учитывающей все критерии и их веса, по формуле (2). Предел достоверности $0 \leq S_i \leq 1$.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2)$$

Системные результаты многокритериального анализа с использованием SAW составили: 0,29 для электромобилей, 0,91 для автомобилей с ДВС, 0,135 для гибридных электромобилей (рис. 5). Ранжирование альтернатив полностью совпадает с итоговой оценкой МАИ.

Расчетная оценка пожарной опасности по данному методу показала, что наибольшую опасность для электромобилей также представляет погружение в воду и процесс зарядки. Наибольшую пожарную опасность для ТС в целом представляют столкновения (ДТП) и зарядка (заправка).

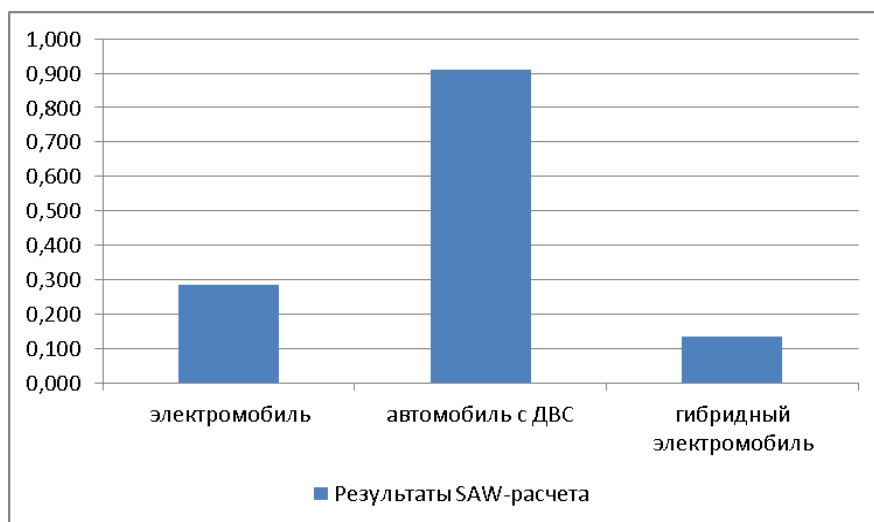


Рис. 5. Итоговая таблица результатов SAW

Провести интерпретацию полученных оценок можно следующим образом: с одной стороны, электромобили безопаснее гибридных ТС в плане вероятности возгорания из-за конструкционных особенностей. При возникновении пожара электромобили намного сложнее потушить в сравнении с автомобилями с ДВС. Трудность обуславливается несколькими ключевыми факторами: герметичностью аккумуляторного блока, ограниченной доступностью к нему, вероятностью взрыва и выделением токсичных продуктов горения.

Полученные результаты являются продолжением и развитием исследований Э. Бискарри [13], А. Дорша и М. Левандовски [15] по анализу и сопоставлению уровня пожарной опасности ТС с разными типами силовых установок.

Сопоставление результатов двух применимых методов выявило их взаимное подтверждение, несмотря на то, что они имеют принципиальные различия в структуре принятия решений и степени трудоемкости реализации. МАИ обеспечивает проверку согласованности экспертных оценок, повышая достоверность результатов, однако требуется большое количество вычислительных операций. SAW отличается простотой и эффективностью, но не предусматривает контроля непротиворечивости данных.

Заключение

Выполненное исследование позволило осуществить сравнительную оценку пожарной опасности ТС с разными типами силовых установок. Количественный анализ, проведенный с помощью МАИ и SAW, показал, что при ранжировании рассматриваемых ТС по уровню пожарной опасности электромобили располагаются между автомобилями с ДВС и гибридными электромобилями.

Использование представленных методов позволило уйти от субъективных оценок, категоричных выводов и подтвердило, что ни одна из технологий не является полностью пожаробезопасной.

Динамическая природа входных данных не является ограничением для применения рассматриваемых методов, однако SAW демонстрирует преимущества перед МАИ за счет высокой вычислительной эффективности и отсутствия необходимости пересчета экспертных суждений.

В дальнейшем можно продолжать работу с многокритериальными, адаптивными и гибкими расчетными моделями оценки (SAW, МАИ, метод TOPSIS и др.).

Список источников

1. Колчин В.В., Крутолапов А.С. Пожарная безопасность электромобилей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 9. С. 417–419.
2. Астахина Ю.А., Королева Л.А. Типология причин, приводящих к возгоранию литий-ионных аккумуляторов электромобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 3. С. 122–132. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-122-132
3. Kjosevski S., Kostikj A., Kochov A. Risks and safety issues related to use of electric and hybrid vehicles // Trans Motauto World. 2017. Т. 2. № 1. С. 37–40.
4. Characteristics and hazards of plug-in hybrid electric vehicle fires caused by lithium-ion battery packs with thermal runaway / Yu. Cui [et al.] // Frontiers in Energy Research. 2022. Т. 10. С. 878035. DOI: 10.3389/fenrg.2022.878035
5. Канонин Ю.Н., Лыщик А.В. Пожарная опасность электромобилей // БРНИ. 2023. № 1. С. 38–55. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-38-51
6. Brzezinska D., Bryant P. Performance-based analysis in evaluation of safety in car parks under electric vehicle fire conditions // Energies. 2022. Т. 15. № 2. С. 649. DOI: 10.3390/en15020649
7. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
8. Taherdoost H. Analysis of simple additive weighting method (saw) as a multi-attribute decision-making technique: A step-by-step // Journal of Management Science & Engineering Research. 2023. № 6 (1). С. 21–24. DOI: 10.30564/jmser.v6i1.5400
9. Торопкин А.И., Королева Л.А. Оценка пожаровзрывобезопасности водородного транспорта на основе моделирования процессов горения водорода // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 1 (73). С. 190–201. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-1-190-201
10. Андреев А.В., Бызов А.П., Орловский П.С. Методика балльно-факторной оценки частоты иницирующих пожароопасные ситуации событий для подземных емкостей автомобильной газозаправочной станции // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4. С. 131–141. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2023-4-131-141
11. Жижин К.С., Благородова Н.В. Использование метода анализа иерархий Т. Саати при выборе противопожарной техники // СтройМного. 2016. № 2 (3).
12. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning – A case study for the Georgia Basin, Canada / X.S. Qin [et al.] // Expert systems with applications. 2008. Т. 34. № 3. С. 2164–2179.
13. Biscarri E.L. Fires in Conventional and Electrified Vehicles: Theory, Prevention, and Analysis. SAE International, 2024.
14. Скрышников О.И. Выбор способа транспортировки нефтепродуктов в отдаленных регионах на основе метода анализа иерархий // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 1 (45). С. 66–77. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-1-66-77
15. Dorsz A., Lewandowski M. Analysis of fire hazards associated with the operation of electric vehicles in enclosed structures // Energies. 2022. № 15. Р. 11. DOI: 10.3390/en15010011

References

1. Kolchin V.V., Krutolapov A.S. Pozharnaya bezopasnost' elektromobilej // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. 2018. № 9. S. 417–419.
2. Astahina Yu.A., Koroleva L.A. Tipologiya prichin, privodyashchih k vozgoraniyu litij-ionnyh akkumulyatorov elektromobilej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2025. № 3. S. 122–132. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-122-132
3. Kjosevski S., Kostikj A., Kochov A. Risks and safety issues related to use of electric and hybrid vehicles // Trans Motauto World. 2017. T. 2. № 1. S. 37–40.
4. Characteristics and hazards of plug-in hybrid electric vehicle fires caused by lithium-ion battery packs with thermal runaway / Yu. Cui [et al.] // Frontiers in Energy Research. 2022. T. 10. S. 878035. DOI: 10.3389/fenrg.2022.878035
5. Kanonin Yu.N., Lyshchik A.V. Pozharnaya opasnost' elektromobilej // BRNI. 2023. № 1. S. 38–55. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-38-51
6. Brzezinska D., Bryant P. Performance-based analysis in evaluation of safety in car parks under electric vehicle fire conditions // Energies. 2022. T. 15. № 2. S. 649. DOI: 10.3390/en15020649
7. Saati T., Keris K. Analiticheskoe planirovanie. Organizaciya sistem: per. s angl. M.: Radio i svyaz', 1991. 224 s.
8. Taherdoost H. Analysis of simple additive weighting method (saw) as a multi-attribute decision-making technique: A step-by-step // Journal of Management Science & Engineering Research. 2023. № 6 (1). S. 21–24. DOI: 10.30564/jmser.v6i1.5400
9. Toropkin A.I., Koroleva L.A. Ocenka požarovzryvobezopasnosti vodorodnogo transporta na osnove modelirovaniya processov goreniya vodoroda // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2025. № 1 (73). S. 190–201. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-1-190-201
10. Andreev A.V., Byzov A.P., Orlovskij P.S. Metodika ball'no-faktornoj ocenki chastoty iniciiruyushchih požaroopasnye situacii sobytij dlya podzemnyh emkostej avtomobil'noj gazozapravochnoj stancii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2024. № 4. S. 131–141. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2023-4-131-141
11. Zhizhin K.S., Blagorodova N.V. Ispol'zovanie metoda analiza ierarhij T. Saati pri vybore protivopozharnoj tekhniki // StrojMnogo. 2016. № 2 (3).
12. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning – A case study for the Georgia Basin, Canada / X.S. Qin [et al.] // Expert systems with applications. 2008. T. 34. № 3. S. 2164–2179.
13. Biscarri E.L. Fires in Conventional and Electrified Vehicles: Theory, Prevention, and Analysis. SAE International, 2024.
14. Skrypnikova O.I. Vybore sposoba transportirovki nefteproduktov v otdalennyh regionah na osnove metoda analiza ierarhij // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2023. № 1 (45). S. 66–77. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-1-66-77
16. Dorsz A., Lewandowski M. Analysis of fire hazards associated with the operation of electric vehicles in enclosed structures // Energies. 2022. № 15. P. 11. DOI: 10.3390/en15010011

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 04.12.2025; одобрена после рецензирования: 02.03.2026;
принята к публикации: 24.04.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 04.12.2025; approved after review: 02.03.2026;
accepted for publication: 24.04.2026

Информация об авторах:

Астахина Юлия Анатольевна, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации (196105, Санкт-Петербург, Московский пр. 149), e-mail: yulya_astahina@mail.ru

Королева Людмила Анатольевна, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>, SPIN-код: 6101-9772

Information about the authors:

Astakhina Yulia A., adjunct at the faculty of higher education training of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: yulya_astahina@mail.ru

Koroleva Lyudmila A., professor of the department of fire and emergency rescue equipment and automotive engineering of the Saint-Petersburg university of the State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>, SPIN: 6101-9772