

## ВОЗГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С ДВС

*Касперец Е. А., Бельский М. Д.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры ИПиЭ*

**Аннотация.** В статье проведен сравнительный анализ экологических последствий возгораний электромобилей (EV) и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Актуальность исследования обусловлена ростом доли EV в транспортном секторе и отсутствием структурированных данных об их влиянии на окружающую среду при пожарах в сравнении с автомобилями с ДВС.

**Ключевые слова:** электромобили, ДВС-автомобили, возгорания, экологический ущерб, токсичные выбросы

**Введение.** Современный транспортный сектор переживает масштабную трансформацию, связанную с переходом на электромобили (EV) в рамках глобальной стратегии снижения углеродного следа. Однако рост доли EV на дорогах сопровождается новыми вызовами, среди которых особое место занимает проблема экологических последствий их возгораний. Цель исследования – выявить различия в токсичности выбросов и загрязнении окружающей среды при возгораниях EV и ДВС.

**Основная часть.** Возгорания транспортных средств являются серьезной проблемой, сопряженной с рисками для окружающей среды и безопасности людей. Основные причины пожаров в автомобилях зависят от типа транспортного средства и его энергетической системы. В случае электромобилей (EV) критическим фактором является термальный разгон литий-ионных батарей, тогда как в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) возгорания чаще всего связаны с утечкой топлива и электрическими неисправностями.

Термальный разгон – это неконтролируемый процесс самонагрева литий-ионного элемента, вызванный экзотермическими химическими реакциями между его электродами. Этот процесс приводит к быстрому повышению температуры, разрушению внутренних компонентов и выделению горючих газов, что может привести к возгоранию или взрыву батареи [1].

Процесс термального разгона начинается при температуре 70–90°C, когда батарея начинает самонагреваться. По мере роста температуры при 120–150°C происходит разложение сепаратора, что приводит к потере изоляции между электродами и увеличению риска короткого замыкания. Воспламенение электролита происходит при температурах выше 200°C, а при 300°C и выше батарея полностью разрушается, сопровождаясь интенсивным выделением тепла и газов.

Основными факторами, приводящими к термальному разгону, являются:

- перегрев при зарядке, когда температура превышает 70°C, ускоряя химические реакции внутри аккумуляторных ячеек;
- производственные дефекты, такие как микротрещины, инородные частицы и дефекты покрытия электродов, повышающие вероятность короткого замыкания;
- механические повреждения, возникающие при ДТП, ударах и проколах батареи, что может привести к разрушению сепаратора и утечке электролита;
- электрические повреждения, включая короткое замыкание, переразряд или перезаряд, которые могут инициировать цепную реакцию самонагрева.

В отличие от электромобилей, в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) возгорания чаще всего происходят из-за неисправностей в топливной системе, электрической проводке и перегрева двигателей [2]. Основные причины пожаров в автомобилях с ДВС следующие:

- неисправности электрической и топливной систем;
- механические повреждения;
- нарушения правил эксплуатации;
- конструкционные риски;
- противоправные действия.

В случае возгорания транспортных средств в окружающую среду выбрасываются вредные вещества, состав которых зависит от типа двигателя. В случае автомобиля с ДВС основными загрязнителями являются угарный газ, сажа и оксиды азота, тогда как электромобили выделяют токсичные соединения, образующиеся при разложении аккумуляторов. В таблице 1 представлена статистика выбросов вредных веществ [3].

Таблица 1 – Сравнение концентраций вредных веществ при горении автомобиля с ДВС и электрокара

Вещество	ДВС (мг/м <sup>3</sup> )	Электрокар (мг/м <sup>3</sup> )	ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	Риски и примечания
Угарный газ (СО)	508–722	416–618	20	Удушье, поражение ЦНС.
Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )	5.1–6.1	1.1–3.3	5	Раздражение дыхательных путей, отек легких.
Бензол	6.7–15.8	–	1.5	Канцероген, лейкемия.
Фтороводород (HF)	3–3.2	5.3–7.3	0.5	Ожоги кожи, поражение легких.
Цианистый водород (HCN)	–	0.5	0.3	Остановка дыхания, смерть.
Диоксины	0.01–0.1	–	0.00001	Канцерогены, накапливаются в организме.
Твердые частицы (PM <sub>2.5</sub> )	96.2–883.1	51.1–289.4	25	Респираторные заболевания.
Литий	–	10.8–11.5	0,02	Реакция с водой – едкая щелочь (LiOH).

При возгорании автомобилей с ДВС основными токсикантами являются оксид углерода (СО, до 722 мг/м<sup>3</sup>) и бензол (до 15.8 мг/м<sup>3</sup>), вызывающие острые отравления и канцерогенные эффекты, а также оксиды азота (NO<sub>x</sub>, до 6.1 мг/м<sup>3</sup>) и твердые частицы PM<sub>2.5</sub> (до 883.1 мг/м<sup>3</sup>), усугубляющие респираторные заболевания. Долгосрочные экологические риски связаны с диоксинами (0.01–0.1 мг/м<sup>3</sup>), способными к биоаккумуляции [3].

Для электрокаров критичны фтороводород (HF, до 7.3 мг/м<sup>3</sup>) и цианистый водород (HCN, до 0.5 мг/м<sup>3</sup>), выделяющиеся при термическом разложении батарей и приводящие к летальным исходам, а также литий (до 11.5 мг/м<sup>3</sup>), реагирующий с водой с образованием едкой щелочи [3].

Таким образом, ДВС связаны с хроническими рисками (канцерогены, PM<sub>2.5</sub>), тогда как электрокары характеризуются экстремально высокой острой токсичностью (HF, HCN) и специфическими опасностями от компонентов батарей [4].

На рисунке 1 представлено количество возгораний автомобилей с ДВС в США и электромобилей по всему миру

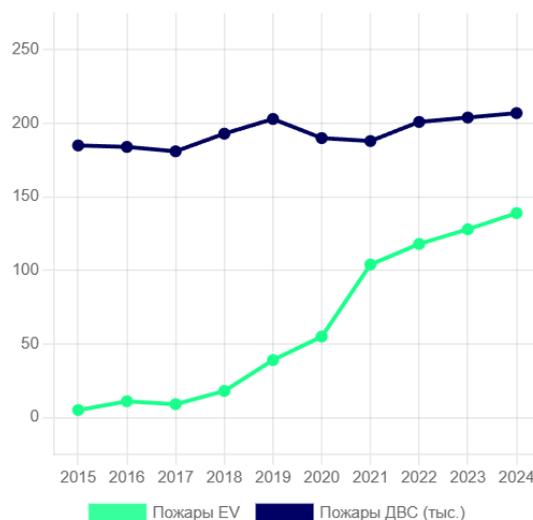


Рисунок 1 – Статистика возгораний автомобилей с ДВС [5] и электрокаров [6]

**Заключение.** В работе выполнен сравнительный анализ экологических последствий возгораний электромобилей (EV) и автомобилей с ДВС. Установлено, что возгорания EV сопровождаются выбросами высокотоксичных веществ (фтороводород, цианистый водород), создающих острые риски для здоровья, тогда как ДВС генерируют канцерогены и твёрдые частицы, вызывающие хронические заболевания. Несмотря на рост числа пожаров EV, их частота пока ниже, чем у ДВС, однако прогнозируемое увеличение доли электромобилей требует пересмотра мер безопасности.

### Список литературы

1. Mikolajczak C., Kahn M., White K., Long R. T. (2011) *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment: Final Report*. Fire Protection Research Foundation, Exponent Failure Analysis Associates, Inc. Pp. 48–71.
2. Пасовец В. Н., Ковтун В. А., Тагуев Ш. Ш. (2022) Пожары на автотранспортных средствах: причины возникновения. *Вестник ТГТУ*. 25 (1), 123–130.
3. *Emissions from an automobile fire: Chemical analysis and environmental impact*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653505006351>. Дата доступа: 23.03.2025.
4. *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ineris.hal.science/ineris-00973680>. Дата доступа: 24.03.2025.
5. *National Fire Protection Association (NFPA). Vehicle Fire Trends in the U.S.* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nfpa.org>. Дата доступа: 25.03.2025.
6. *Fire Incidents, Trends, and Risk Mitigation Framework of Electric Vehicle Cars in Australia* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2571-6255/6/8/325>. Дата доступа: 25.03.2025.

UDC 614.84:504.05

## VEHICLE FIRES AS A SOURCE OF ENVIRONMENTAL THREAT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLES AND ICE VEHICLES

*Kaspiarets Y.A., Belskiy M.D.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE*

**Annotation.** The article presents a comparative analysis of the environmental consequences of fires involving electric vehicles (EVs) and internal combustion engine (ICE) vehicles. The relevance of the study is driven by the increasing share of EVs in the transportation sector and the lack of structured data on their environmental impact during fire incidents compared to ICE vehicles.

**Keywords:** electric vehicles (EVs), internal combustion engine (ICE) vehicles, fires, environmental damage, toxic emissions