



**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ  
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

*XXI Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих вчених, курсантів та  
студентів*

### **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Львів – 2026*

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Голова:** Дмитро **БОНДАР** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

**Заступники голови:** Василь **ПОПОВИЧ** – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;  
Ярослав **ІЛЬЧИШИН** – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

**Члени наукового  
комітету:**

**Oksana TELAK** – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;  
**Jerzy TELAK** – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;  
**Boguslaw KOGUT** – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;  
**Вікторія СЕРГІЄНКО** – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;  
**Анастасія СИМАНОВА** – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету “Київський авіаційний інститут”, доктор економічних наук, професор;  
**Дмитро КОБИЛКІН** – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
**Ольга БАРАБАШ** – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;  
**Андрій ОСТАП'ЮК** – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;  
**Назарій КОВАЛЬ** – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;  
**Олександр ПРИДАТКО** – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
**Тарас БОЙКО** – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

УДК 614.841:621.3(043.2)

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ГОРІННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

*Вікторія Кіркова*

**Олександр Лазаренко**, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри превентивної діяльності у сфері пожежної та техногенної безпеки Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

За результатами аналітичної обробки існуючих наукових результатів наведено зведені данні щодо хімічного складу основних продуктів горіння які виділяються під час горіння літій-іонних елементів живлення. Отримані показники та параметри дають можливість визначити можливі шляхи для раннього виявлення займання літій-іонного акумулятора живлення.

**Ключові слова:** літій-іонний елемент живлення, продукти згорання, виявлення горіння.

## **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF DETECTION OF COMBUSTION OF LITHIUM-ION BATTERIES**

*Viktoria Kirkova*

**Oleksandr Lazarenko**, PhD, Associate Professor, Deputy chief in the department of preventive activities in the field of fire and technogenic safety Lviv State University of Life Safety

Based on the results of analytical processing of existing scientific results, summarized data on the chemical composition of the main combustion products released during the combustion of lithium-ion batteries are presented. The obtained indicators and parameters make it possible to determine possible ways for early detection of ignition of a lithium-ion battery.

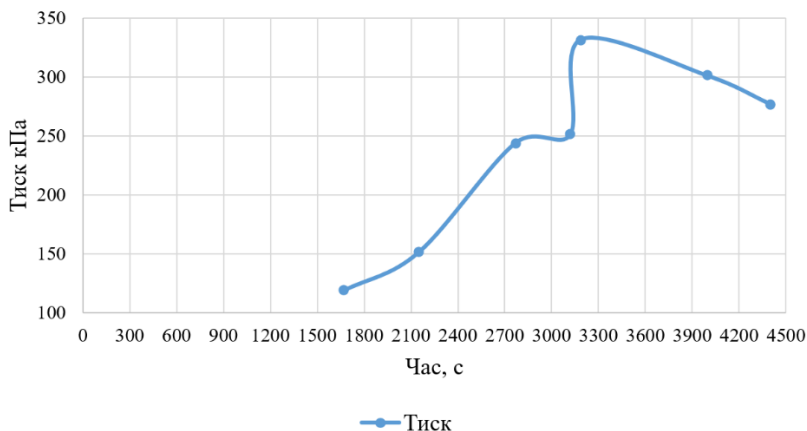
**Keywords:** lithium-ion battery, combustion products, combustion detection.

Особливості використання літій-іонних елементів живлення (ЛІЕЖ) зумовлені їх значною пожежною небезпекою, особливо за умови їх неправильного використання чи механічного пошкодження. Як вже відомо [1], додатковим небезпечним фактором розвитку горіння ЛІЕЖ є імовірність виникнення незворотної термохімічної реакції початок якої зумовлюється зростанням внутрішньої температури елемента внаслідок не сприятливих умов. Підвищення температурних показників ЛІЕЖ сприяє першочергово хімічному розкладу електроліту та в подальшому руйнуванню катоду та аноду.

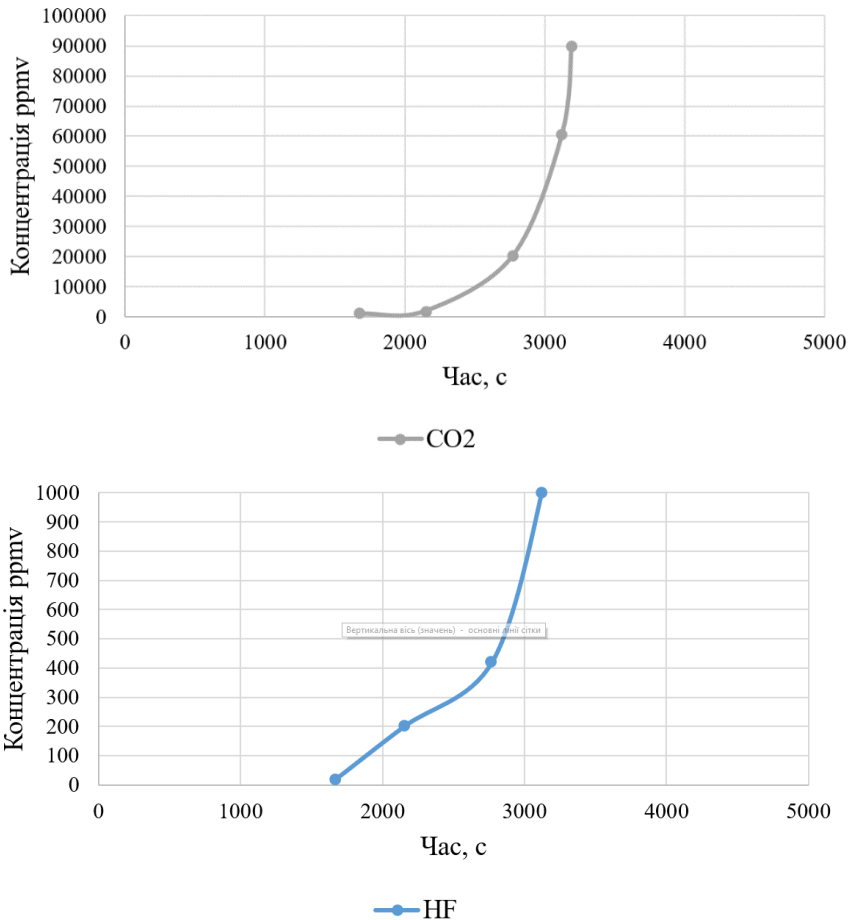
Огляд літературних джерел та результатів дослідження показує в першу чергу значну зацікавленість значної кількості дослідників зокрема, щодо визначення безпосереднього складу продуктів згорання внаслідок протікання незворотної термохімічної реакції. Разом з тим результатами досліджень [2-4]

ззначається, що початок хімічного розкладу компонентів ЛПЕЖ буде різнитися залежно від складу хімічного внутрішнього наповнення елементів. Додатково, на інтенсивність та склад продуктів горіння впливають такі фактори як ступінь заряду ЛПЕЖ та причина виникнення та початку термохімічної реакції. Загалом дослідження показують, що внаслідок початку виникнення термохімічної реакції та безпосереднього горіння можливі виділення наступних хімічних речовин та сполук:  $\text{CO}_2$  ( $40\ 0000\ \text{млн}^{-1}$ ),  $\text{CO}$  ( $1200\ \text{млн}^{-1}$ ) – відповідна концентрація цих сполук буде найбільшою та присутньою впродовж всього процесу горіння;  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  ( $2100\ \text{млн}^{-1}$ ),  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  ( $1600\ \text{млн}^{-1}$ ),  $\text{C}_3\text{H}_6$ , - група горючих газів яка може виникати внаслідок особливостей хімічного наповнення певних ЛПЕЖ та дій під час їх безпосереднього гасіння, особливо водою та водними розчинами;  $\text{HF}$  - особлива сполука яка є безпосереднім продуктом, що може виділятися під час розкладу електроліту ЛПЕЖ;  $\text{SNF}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_8$ ,  $\text{C}_8\text{H}_8$  - решта група специфічних сполук які мають місце під час горіння ЛПЕЖ особливо в активній фазі в наслідок розкладу ДМС (диметилкарбонат).

Окремо можна зазначити результати роботи [5] в якій відображено концентрацію деяких зазначених газів (сполук) залежно від часу нагріву ЛПЕЖ та температурних показників. Використовуючи отримані результати в [5] на рис.1. представлено, відповідно, зміну показників та концентрацію сполук які мали місце та можуть бути доречними під час проведення майбутніх досліджень щодо виявлення та попередження можливого горіння ЛПЕЖ та акумуляторних батарей (АБ) в цілому.



Рисуюнок 1 – Параметри зміни концентрації деяких речовин під час горіння ЛПЕЖ 18650 NCA [5]



**Продовження рисунка 1** – Параметри зміни концентрації деяких речовин під час горіння ЛІЕЖ 18650 NCA [5]

Використовуючи отримані результати в [5] на рис.1. представлено, відповідно, зміну показників та концентрацію сполук які мали місце та можуть бути доречними під час проведення майбутніх досліджень щодо виявлення та попередження можливого горіння ЛІЕЖ та акумуляторних батарей (АБ) в цілому. Отримані результати показують, що додатковим параметром, а можливо й визначним є зростання тиску оточуючого середовища під час вивільнення продуктів горіння ЛІЕЖ. Враховуючи, той факт, що АБ яка складається з ЛІЕЖ в переважній більшості проектується з умовою

безпосереднього захисту від негативного впливу оточуючого середовища таких як волога можна вважати, що в переважній більшості це є герметична конструкція. Саме тому параметр зростання тиску в середовищі АБ може бути визначальним під час початку виникнення реакції термічного розкладу в ЛПЕЖ. У випадках зберігання та використання АБ та ЛПЕЖ в більших об'ємах та приміщеннях додатково можна застосувати відповідні газоаналізатори які будуть виявляти перевищення концентрації таких газів як CO<sub>2</sub> та HF. Ознака виявлення підвищеної концентрації CO<sub>2</sub> може бути додатковим фактором початку горіння, оскільки його підвищення може бути викликаним другорядними чинниками або особливостями певного середовища в якому перебуватиме АБ. Однак підвищення та виявлення концентрації HF бути свідчити лише про початок критичного підвищення температури ЛПЕЖ.

### Список літератури

1. Лазаренко О.В., Посполітак В.І (2021). Способи випробування літій-іонних елементів живлення на предмет пожежної небезпеки. Пожежна безпека, 39, 49-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.06>
2. Y. Fernandes, A. Bry, S. de Persis (2019). Thermal degradation analyses of carbonate solvents used in Li-ion batteries Journal of Power Sources. Volume 414, 28 p. 250-261. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.12.077>
3. Peter J. Bugryniec, Sergio Vernuccio, Solomon F. Brown (2023). Towards a micro-kinetic model of Li-ion battery thermal runaway – Reaction network analysis of dimethyl carbonate thermal decomposition. Journal of Power Sources Volume 580, 233394. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.233394>
4. Ananthu Shibu Nair, Xiao-Yu Wu, Prodip K. Das, Michael Fowler (2026) A Review of Nail Penetration and Thermal Abuse Tests of Lithium-Ion Batteries and Their Emission Characterization. Batteries , 12(2), 74. <https://doi.org/10.3390/batteries12020074>
5. Ubaldi S., Conti M., Marra F., Russo P. (2023). Identification of Key Events and Emissions during Thermal Abuse Testing on NCA 18650 Cells. Energies, 16, 3250. <https://doi.org/10.3390/en16073250>

### References

1. Lazarenko, O., Pospolítak, V. (2021). Methods of testing lithium-ion batteries for fire hazard. Fire Safety, 39, 49-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.06>
2. Y. Fernandes, A. Bry, S. de Persis (2019). Thermal degradation analyses of carbonate solvents used in Li-ion batteries Journal of Power Sources. Volume 414, 28 p. 250-261. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.12.077>
3. Peter J. Bugryniec, Sergio Vernuccio, Solomon F. Brown (2023). Towards a micro-kinetic model of Li-ion battery thermal runaway – Reaction

network analysis of dimethyl carbonate thermal decomposition. *Journal of Power Sources* Volume 580, 233394. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.233394>

4. Ananthu Shibu Nair, Xiao-Yu Wu, Prodip K. Das, Michael Fowler (2026). A Review of Nail Penetration and Thermal Abuse Tests of Lithium-Ion Batteries and Their Emission Characterization. *Batteries*, 12(2), 74. <https://doi.org/10.3390/batteries12020074>.

5. Ubaldi S., Conti M., Marra F., Russo P., (2023). Identification of Key Events and Emissions during Thermal Abuse Testing on NCA 18650 Cells. *Energies*, 16, 3250. <https://doi.org/10.3390/en16073250>.

---

<b>Вікторія Кіркова, Олександр Лазаренко, ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ГОРІННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ.....</b>	<b>183</b>
<b>Владислав Михайлюк, Валерій Колесников, Сергій Безун, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНИМИ РИЗИКАМИ ТА ЕВАКУАЦІЄЮ У ТОРГОВЕЛЬНО- РОЗВАЖАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ НА ОСНОВІ SAAS-ПЛАТФОРМИ ТА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОНІТОРИНГУ.....</b>	<b>188</b>
<b>Володимир Коваль, Василь Попович, ОСНОВНІ ЧИННИКИ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ПОЛЯХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....</b>	<b>193</b>
<b>Денис Капустинський, Олег Назаровець, АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ ВІД ВТОРИННИХ ПРОЯВІВ АТМОСФЕРНОЇ ЕЛЕКТРИКИ.....</b>	<b>196</b>
<b>Діана Лозова, Андрій Кузик, АКТУАЛІЗАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА СКЛАДИ БОЄПРИПАСІВ.....</b>	<b>200</b>
<b>Дмитро Горб, Іван Паснак, ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ПРИБУТТЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗІЛІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ.....</b>	<b>205</b>
<b>Дмитро Хроменков, Юрій Фещук, ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДІВ (ПРИСТРОЇВ) ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТОКСИЧНОЇ ГАЗОПОДІБНОЇ РЕЧОВИНИ В ЛЕТКИХ ПРОДУКТАХ ЗГОРЯННЯ.....</b>	<b>208</b>
<b>Захар Хома, Сергій Вовк, АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ПОЖЕЖІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІА В ПІДЗЕМНОМУ ПАРКІНГУ.....</b>	<b>212</b>
<b>Іван Гаменко, Олег Пазен, ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ.....</b>	<b>217</b>
<b>Ігор Коваль, Сергій Ємельяненко, ПРОБЛЕМИ ЕВАКУАЦІЇ У ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я.....</b>	<b>220</b>