

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Мішкольцький університет (Угорщина)
Магдебурзький університет (Німеччина)
Петрошанський університет (Румунія)
Варшавська політехніка (Польща)
Познанська політехніка (Польща)
Софійський університет (Болгарія)
Міжнародний університет INTI
(Малайзія)

Ministry of Education and Science of Ukraine
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»
University of Miskolc (Hungary)
Magdeburg University (Germany)
Petrosani University (Romania)
Politechnika Warszawska (Poland)
Poznan Polytechnic University (Poland)
Sofia University (Bulgaria)
International University INTI
(Malaysia)

**ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
НАУКА, ТЕХНІКА,
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей
**XXXIII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2025**

Харків 2025

**INFORMATION
TECHNOLOGIES:
SCIENCE, ENGINEERING,
TECHNOLOGY, EDUCATION,
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts
**XXXIII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
MicroCAD-2025**

Kharkiv 2025

Голова конференції: Сокол Є.І. (Україна).

Співголови конференції: Герджиков А. (Болгарія), Зарембу К., Єсиновські Т. (Польща), Радун С.М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Хорват З. (Угорщина), Лі Ю Куанга Д. (Малайзія)

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 1882 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2025 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

СХИЛЬНІСТЬ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ ДО ТЕПЛОВОГО РОЗГОНУ

Трегубов Д.Г., Майборода А.О., Гапон Ю.К.

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

Концепція автономності приладів визначає масове застосування батарей; літій-іонні є більш ефективними та дослідженими, але вони схильні до теплового розгону (TR), що викликає пожежі. Це явище відоме й для заряджених лужних батарей: за нештатних ситуацій зростає t електроліту, досягається струм короткого замкнення (КЗ), починається електроліз, виділення водню та кисню. Кадмієвий катод поглинає кисень з окисненням та виділенням тепла. Виділення газів призводить до здуття батареї. Процес самоприскорюється.

Літій-іонні батареї: напруга комірки до 4,2 В; анод – графіт на мідній фользі, катод 2 типів – на Al [1]; 1) Li-NMC (нікель-манган-кобальт оксид), 2) LiFePO₄ (ферофосфат); щільність енергії – 1) 0,2, 2) 0,15 кВт·год/кг; робочих циклів – 1) 2500, 2) 5000; виділення кисню – 1) +, 2) –; допустима глибина розряду – 1) 90, 2) 100 %; саморозряд – 1) 4, 2) 3 %/місяць; зниження напруги за розряду – 1) плавне, 2) різке; стійкість до TR – 1) 160, 2) 250 °C; токсичність – 1) +, 2) –.

Електроліти бувають рідкі, гелеві, полімерні з тетрафторборату, гексафторфосфату, перхлорату, фториду літію у полярному розчиннику: вініл-, етилен-, пропілен-, діметил-, діетил-, метилетил- карбонати [1]; $t_{пл}$ – 37, 35, -49, 5, -13, -14 °C (мала $t_{пл}$ – малий найменший кластер [2]) визначає робочий діапазон батареї; $t_{кип}$ – 243, 248, 240, 91, 126, 107 °C – тиск пари за перегріву, $t_{сп}$ – 160, 160, 132, 17, 33, 27 °C – легкість займання (перші 3 є горючими, останні 3 – легкозаймистими рідинами [3]). Розчинник повинен мати високу ϵ і є середовищем руху іонів Li.

Стадії аварії батареї [4]: 1) тепло-, електро-, механічні пошкодження зі зростанням t до 140 °C та тиску; 2) утворення та викид горючих газів електролізу; 3) плавлення сепаратору, здуття; КЗ з TR до 850 °C і щільним димом; 4) полум'яне горіння газів електролізу, пари електроліту, газів розкладання та прилеглих матеріалів. З $t \approx 250$ °C реакції диспропорціювання оксидів катоду виділяють кисень. За $t > 600$ °C починається окиснення карбону анодів [5], далі плавиться алюмінієва основа катоду, t зростає до 1000 °C. Енергію зарядженої батареї порівнюють з тротиловим еквівалентом вибуху, для ноутбука це – до 50 г ТНТ. За перевезення партіями розігрів однієї батареї викликає каскадний процес. Перші 2 стадії TR можливо зупинити, наступні потребують пожежогасіння (застосовують охолодження водою). Актуальні напрями наукових розробок: батареї без теплового розгону; системи моніторингу, охолодження та пожежогасіння.

Література:

1. Nitta N., Wu F., Lee J. T., Yushin G. Li-ion battery materials: present and future. *Materials Today*. 2015. №18/5. P. 252–264.
2. Трегубов Д.Г. та ін. Ідентифікація кластерної будови вуглеводнів за температурами плавлення. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. №34. С. 94–109.
3. Трегубов Д.Г. та ін. Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин. Харків: НУЦЗ України, 2024. 216 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19111>
4. Barowy A. *The Science of Fire and Explosion Hazards from Lithium-Ion Batteries*. Evanston, USA: Fire Safety Research Institute, 2023. 11 p.
5. Трегубов Д.Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у обертовій камері. *Проблеми пожежної безпеки*. 2013. № 34. С. 161–166.