

Бойков І. В., Богатов О. І.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Анотація. Роль автомобільного транспорту та проблема його внутрішньої безпеки. Актуальні проблеми експлуатації акумуляторів у автомобільній техніці. Пропозиція щодо вирішення питання використання безпечних сучасних акумуляторних батарей.

Ключові слова: Автомобільний транспорт, акумуляторна батарея, безпека, експлуатація.

Abstract. The role of road transport and the problem of its internal security. Current problems of battery operation in automotive technology. Proposal for solving the issue of using safe modern batteries.

Keywords: Automobile transport, battery, safety, operation.

Вступ

Автомобільний транспорт являється однією з ключових характеристик розвитку будь-якої країни. Його роль виходить далеко за рамки звичайного переміщення. Автомобільний транспорт забезпечує безперервний рух пасажирських та товарно-матеріальних потоків, що є критично важливим для економіки, логістики та інфраструктури. Більше того, автомобільний транспорт відіграє важливу роль у функціонуванні та розвитку військової техніки, екстрених служб, транспорту для гуманітарних та соціальних завдань.

Незважаючи на його незаперечну важливість, автомобіль по своїй суті залишається транспортним засобом підвищеної небезпеки. Зазвичай підкреслюється зовнішня небезпека – пов'язана з дорожньо-транспортними пригодами, зіткненнями, перекиданням та ін. Однак автомобіль несе в собі і внутрішню небезпеку – конструкцію, що його породжує, комплектуючі, використовувані матеріали, системи харчування та експлуатаційні умови. Ця внутрішня небезпека може виявлятися в різних аспектах: наприклад, у застосуванні ненадійних або шкідливих матеріалів у конструкції транспортного засобу, недостатньому захисті вузлів, слабкій стійкості систем в аварійних ситуаціях та пожежах. Усе це порушує питання необхідності перегляду підходів до вибору комплектуючих – передусім акумуляторів – з метою підвищення загальної безпеки експлуатації транспортних засобів.

1. Проблема традиційних акумуляторних батарей та їх вплив на безпеку

1.1. Екологічні та хімічні ризики свинцево-кислотних акумуляторів

Переважає більшість автомобілів з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), як і раніше, оснащені традиційними акумуляторами – найчастіше свинцево-кислотними. Ці батареї є джерелом пуску двигуна, живлення бортової електроніки та ін. Проте проблема таких батарей полягає в їх вкрай агресивному та токсичному складі. Вони містять значну кількість свинцю, сірчаної кислоти, ртуті, кадмію, діоксиду марганцю, літію (у деяких модифікаціях) та інших шкідливих речовин.

Використання таких сполук і кислот в акумуляторах негативно впливає на безпеку експлуатації автомобільного транспорту. У разі пошкодження корпусу, витoku електроліту, короткого замикання відбувається ризик ураження водія та пасажирів хімічними речовинами, корозії вузлів та деталей. Крім того, вони становлять пряму загрозу навколишньому середовищу при неправильній утилізації: токсичні компоненти можуть проникати у ґрунт, водо- та ґрунтові шари, викликати забруднення. Особливо гостро постає питання екологічного впливу даних токсичних компонентів у процесі виробництва, а й у процесі утилізації відпрацьованих батарей.

1.2. Акумуляторні батареї електромобілів

Перехід автомобільного транспорту на електромобілі є важливим кроком до зниження викидів CO₂ та забруднення повітря, але такий перехід породжує нові виклики в галузі безпеки

матеріалів, технологій та експлуатації. Акумуляторні батареї електромобілів засновані на сучасних технологіях, що включають літій-іонні, нікель-кадмієві, нікель-метал-гідридні та ін.

Зокрема, літій, який використовується в літій-іонних батареях, має високий енергетичний потенціал, але одночасно й підвищений ризик: схильність до займання, теплового розгону (thermal runaway) при пошкодженні або порушенні умов експлуатації, що робить такі акумулятори джерелом пожежо- та вибухонебезпечності. Наприклад, літій-іонні батареї можуть перегріватись при надмірному навантаженні, короткому замиканні або порушенні вентиляції, що посилює небезпеку. Тому одним із ключових напрямів підвищення безпеки автомобільного транспорту є пошук та використання екологічно безпечних та пожежо-вибухобезпечних матеріалів у конструкції акумуляторних батарей.

2. Натрієві акумулятори як перспективна та безпечна альтернатива

2.1. Принципово новий підхід: використання натрію

Одним із найбільш перспективних напрямків у виробництві нових акумуляторів є використання натрію (Na). Розробка та впровадження натрієвих батарей (наприклад, натрій-іонних) є реальним альтернативним шляхом, здатним забезпечити значно більш безпечний тип акумулятора. Такі акумулятори не тільки потенційно безпечніші, але й можуть бути значно дешевшими у виробництві, мають гарну ресурсну базу та перспективи довговічності. Наприклад, за даними виробників, натрій-іонні батареї демонструють більш стійку хімічну стійкість, меншу схильність до теплового розгінного стану та кращу безпеку при транспортуванні та утилізації.

2.2. Основні переваги натрієвих батарей

Переваги натрієвих батарей підтверджено дослідженнями [1–10] у цій галузі та за даними порівняння технологій можна представити на рис. 1.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРА		
Натрій-іонний акумулятор	VS	Літій-іонний акумулятор
Поточна ємність: 70-160 Вт·год/кг Потенційна ємність: 200 Вт·год/кг	⚡	LFP-type: 150 Вт·год/кг NMC-type: 150 Вт·год/кг
Планується до виробництва у промислових масштабах	🔧	Масштабування та випробування в різних галузях
Гідрид натрію у 2022 році: ~ 500 доларів США за тону	💰	Гідрид літію у 2022 році: ~ 78 000 доларів США за тону
Немає ризику теплового розгону	🛡️	Може перегріватись і займатись
Деякі розробники повідомляють про зниження продуктивності	🔄	Стабільна продуктивність за великої кількості циклів
Зберігає > 90% продуктивності при температурі -20 °C	🌡️❄️	Значне падіння продуктивності за низьких температур

Рис. 1. Порівняльна таблиця технологій

Нижче наведено основні переваги натрієвих батарей, які роблять їх ідеальними кандидатами для забезпечення безпеки автомобільного транспорту:

1. Економічна ефективність (дешевизна).

Оскільки натрій значно частіше зустрічається в природі, сировина для натрієвих батарей доступніша і менша залежно від обмежених або геополітично чутливих ресурсів – ніж,

наприклад, літій. Це знижує собівартість виробництва та робить технологію більш економічно привабливою.

2. Довговічність та життєвий цикл.

Натрієві батареї демонструють видатну довговічність. У ряді заяв виробників вказується, що вони здатні прослужити до 20 років, витримують до 4000 циклів зарядки-розрядки, що значно знижує витрати на обслуговування та заміну, а також зменшує кількість відпрацьованих батарей, що підлягають утилізації.

3. Підвищена безпека та стійкість до умов експлуатації.

Натрієві батареї набагато безпечніші: вони менш схильні до теплового розгінного стану, їхня хімічна система вважається стабільнішою. Наприклад, матеріали, які використовуються в деяких натрій-іонних батареях (натрій, залізо, вуглець) набагато менш токсичні порівняно зі свинцем, кадмієм та ін.

4. Екологічна безпека.

Вони не отруюють навколишнє середовище так, як це роблять кислотні або свинцево-кислотні батареї. Знижується ризик потрапляння важких металів або агресивної сірчаної кислоти до навколишнього середовища.

5. Пожежно-вибухобезпека.

Відомо, що літій-іонні батареї при пошкодженні можуть спалахувати або навіть вибухати. Навпаки, натрієві батареї розглядаються як менш схильні до такого сценарію: вони мають меншу схильність до термічного розгінного стану та більшої стабільності.

6. Температурна стійкість.

Натрієві акумулятори мають унікальну здатність працювати в широкому діапазоні температур. За деякими заявами виробника, вони можуть ефективно функціонувати навіть за високої температури +70 °C і не бояться морозів, наприклад -40 °C, що робить їх ідеальними для експлуатації у різних кліматичних зонах (наприклад, холодних північних регіонах, а також у південних регіонах із підвищеною температурою). Це значно розширює географічну область безпечної експлуатації.

2.3. Обмеження та поточні проблеми натрієвих батарей

Звичайно, разом із перевагами існують і певні технічні та практичні обмеження. Наприклад, дослідження зазначає, що у розробці натрієвих батарей залишаються технічні бар'єри: перенесення іонів натрію менш ефективно порівняно з літієм при кімнатній температурі, що потребує вдосконалення електролітів та інтерфейсів матеріалу. Також важливо відзначити, що не всі натрієві технології автоматично безпечні: як показує посібник із поводження з літій- та натрій-іонними батареями, вони все ще можуть становити ризик пожежі або вибуху за певних умов (пошкодження, перегрів, коротке замикання). Тому перехід до натрієвих батарей потребує комплексного підходу: вибір матеріалів, конструкція, система управління, безпечна експлуатація та утилізація.

2.4. Практичне застосування та рекомендації натрієвих батарей

Щоб використання сучасних безпечних акумуляторів реально підвищило безпеку автомобільного транспорту, варто звернути увагу на наступні практичні рекомендації:

1. Вибір відповідної технології.

При проектуванні або закупівлі транспортних засобів враховувати можливість застосування натрієвих батарей, особливо у транспортних засобах, де питання безпеки та експлуатації у важких кліматичних умовах особливо актуальні (наприклад, спецтехніка, автомобілі швидкої допомоги, транспорт у північних та південних регіонах).

2. Інтеграція системи керування акумулятором (BMS).

Навіть при більш безпечній експлуатації натрієвих батарей потрібна надійна система управління: моніторинг температури, стану заряду, балансування осередків, захист від перегріву та короткого замикання.

3. Забезпечення умов експлуатації.

Важливо дотримуватись температурних режимів, правил експлуатації, враховувати можливість пошкоджень. Хоча натрієві батареї менш схильні до екстремальних умов, вони не безмежні за стійкістю.

4. Забезпечення безпечного транспортування та утилізації.

Нові правила та класифікації передбачають окрему ідентифікацію та упаковку натрій-іонних батарей під час транспортування. Наприклад, введено окремі номери СН (United Nations Economic Commission for Europe / ADR 2025) для натрій-іонних батарей: UN 3551 та UN 3552. Це означає, що необхідно враховувати вимоги до маркування, пакування та безпечного поводження.

5. Оцінка економічної доцільності.

Враховуючи зниження вартості сировини та тривалий ресурс, натрієві батареї можуть забезпечити зниження загальних витрат експлуатації (служби, заміни) та зменшити екологічне навантаження. Це слід зважати на інвестиційні рішення.

6. Навчання обслуговуючого персоналу.

Важливо навчати механіків, сервіс-центрів та користувачів особливостям нових технологій: специфіці натрієвих акумуляторів, можливим сценаріям відмов, правильному поводженню з батареями та їх безпечній утилізації.

Висновок

Використання безпечних сучасних акумуляторів є не просто бажаною, а необхідною умовою подальшого розвитку автомобільного транспорту. Нинішні технології, зокрема свинцево-кислотні та літій-іонні елементи, несуть у собі значні ризики, пов'язані з токсичністю, хімічною агресивністю, пожежонебезпечністю та складністю утилізації.

У той самий час використання натрієвих акумуляторів (натрій-іонні та інших.) є нове досягнення, яке демонструє готовність акумуляторної промисловості до забезпечення безпечних і стійких транспортних рішень. Ця технологія пропонує реальний альтернативний шлях, який не тільки вирішує завдання безпеки, але й перевершує існуючі кислотні та літій-іонні технології за деякими ключовими критеріями: вартістю, довговічністю, екологічністю та температурною стійкістю.

Перехід на натрієві батареї (у поєднанні з грамотною системою управління, безпечною експлуатацією та відповідальним поводженням з ресурсом) забезпечить безпечнішу експлуатацію транспортних засобів та знизить екологічне навантаження, пов'язане з токсичними компонентами, виробництвом та утилізацією батарей.

Зрештою, безпечний акумулятор – це не просто технічний засіб, а важливий елемент загальної безпеки транспортної системи, захист життя людей, зниження ризиків та забезпечення сталого розвитку автомобільного транспорту як частини інфраструктури суспільства.

Список використаних джерел:

1. Інновації у світі акумуляторних технологій: нові тенденції та розробки. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/innovaciyi-u-sviti-akumulyatornyh-tehnologij-novi-tendenciyi-ta-rozrobki>

2. Krampf, Sam (29 січня 2024). China's Groundbreaking 100MWh Sodium-ion BESS. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sodiumbatteryhub.com/2024/01/29/china-hubei-sodium-ion-100mwh-bess/>

3. Krampf, Sam (13 жовтня 2024). CATL's Sodium-Ion Battery Enables 500-km EV Range. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sodiumbatteryhub.com/2025/10/13/cats-sodium-ion-battery-enables-500-km-ev-range/>

4. New Regulations for Sodium Batteries. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.igaircargo.ch/new-regulations-for-sodium-batteries/>

5. All Charged Up: Power Batteries Shaping the Future of Electric Mobility. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eureka.patsnap.com/blog/all-charged-up-power-batteries-shaping-the-future-of-electric-mobility/>

6. Top 10 Battery Technologies Set to Disrupt the Market. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eureka.patsnap.com/blog/top-10-battery-technologies-for-the-future/>

7. Are sodium-ion batteries the solution for EVs? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.innovationnewsnetwork.com/are-sodium-ion-batteries-the-solution-for-evs/44177/>

8. How Sodium Batteries Will Transform Car Batteries. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sodiumbatteryhub.com/2024/09/10/the-future-of-car-batteries-how-sodium-batteries-will-transform-the-industry/>

9. Екологічний аспект використання акумуляторних батарей: переробка та утилізація. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/ekologichnyj-aspekt-vykorystannya-akumulyatornyh-batarej-pererobka-ta-utyilizaciya>

10. Екологічні аспекти використання та утилізації акумуляторів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://fpower.com.ua/ekolohichni-aspekty-vykorystannia-ta-utyilizatsii-akumuliatoriv/>

Бойков Ігор Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, інд. 61002, e-mail: boykovigor64.hnady@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9659-9681>

Богатов Олег Ігорович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, завідувач кафедри метрології та безпеки життєдіяльності Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, інд. 61002, e-mail: bogatovolegigor@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7342-7556>

Igor Valentinovich Boikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Metrology and Safety of Human Vital Activities, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Yaroslava Mudryho St., Building 25, Ind. 61002, e-mail: boykovigor64.hnady@gmail.com ORCID orcid.org/0000-0002-9659-9681

Oleg Igorovich Bogatov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Head of the Department of Metrology and Safety of Human Vital Activities, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Yaroslava Mudryho St., Building 25, Ind. 61002, e-mail: bogatovolegigor@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7342-7556>