

Таким чином, аналіз перевезень за видами вантажів внутрішнім водним транспортом України показав, що останніми роками обсяг вантажопотоку скоротився, і тільки в 2019 році показав позитивний результат. На основі аналізу обґрунтовано, що з метою отримання позитивного економічного ефекту, реалізації транзитного потенціалу, інтенсифікації перевезень каботажного і транзитного сполучення необхідним та доцільним є розвиток внутрішніх водних шляхів в Україні, а також створення мультимодальних терміналів. Зокрема в Одеському регіоні доцільним є побудування такого терміналу на річці Дунай з метою розвитку української ділянки водного шляху міжнародного значення Е-80 та налагодження транспортного сполучення із Німеччиною, Австрією, Словаччиною, Угорщиною, Хорватією, Сербією, Болгарією та Румунією.

Література:

1. Maslii N. D., Chesnokova M. V., Diakov V. O. Justification of economic and environmental feasibility of cargotransportation by inland waterways. *Economic innovation*. Odessa: IMPEER NAS of Ukraine, 2021. Vol. 23. Is. 2(79). P. 119–129. DOI: [https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2\(79\).119-129](https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2(79).119-129).

2. Maslii N. D., Demianchuk M. A. Assessment of prerequisites for increasing the competitiveness of water transport enterprises. *Economic innovation*. Odessa, 2021. Vol. 23. Is. 3(80). P. 221–232. DOI: [https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.3\(80\).221-232](https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.3(80).221-232).

3. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 18.10.2021).

4. Митний кодекс України: Закон України від 13.03.2012 р. № 4495-VI. Дата оновлення: 01.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17#Text> (дата звернення: 18.10.2021).

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Кисилічина К. О., магістерка групи ТТ 2103м механіко-технологічного факультету¹

Скібчик В. І., к.т.н., старший викладач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві¹

Днесь В. І., к.т.н., завідувач відділу моделювання технологічних систем і ринку технічного сервісу в АПВ²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Літій-іонні (Li-Ion) акумулятори є важливими компонентами декарбонізації транспортної та енергетичної систем, проте їх використання й утилізація характеризуються високим рівнем ризиків для людей та навколишнього середовища. Чинні стандарти автомобільної промисловості

гарантують високий рівень технічної безпеки транспортних засобів, проте розвиток електромобілів та Li-Ion акумуляторних батарей знаходяться на початковій стадії розвитку. Це потребує більш глибокого дослідження процесів експлуатації Li-Ion акумуляторних батарей в різних умовах.

Для аналізу причин відмови акумуляторних батарей електромобілів в першу чергу розглянемо загальну їх будову. В основі конструкції Li-Ion акумулятора є дві складові: анод, виконаний з пористого вуглецю на фользі з міді та катод – з оксиду літію на фользі з алюмінію. Їх розділяє пористий сепаратор з поліпропілену, який просочений електролітом. Сепаратор виконує функції провідника. Вся система знаходиться в герметичному корпусі. Електроди підключені до струмознімачів. Деякі акумулятори додатково мають клапан-запобіжник для скидання внутрішнього тиску (рис.)

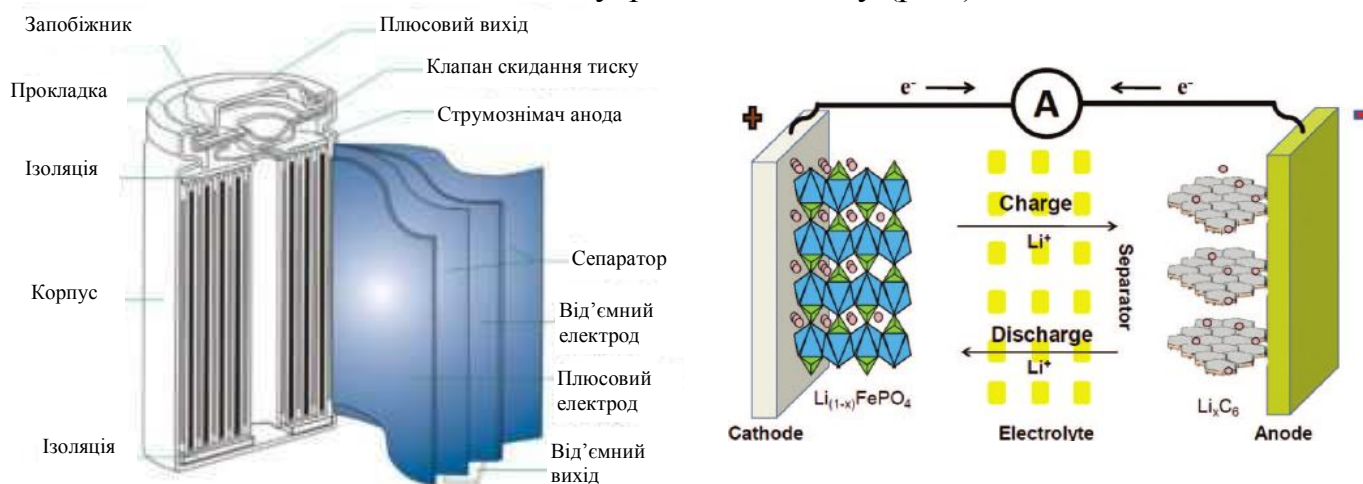


Рисунок – Будова та принцип роботи Li-Ion акумулятора

Принцип роботи Li-іон акумуляторів ідентичний для елементів всіх типів, незалежно від матеріалу катода. Коли на електроди подається напруга – «плюс на оксид літію» і «мінус» на графіт, позитивно заряджені іони літію від'єднуються від молекул оксиду і переходять на вуглецеву пластину. У результаті протікає окислювальна реакція і акумулятор заряджається. При роботі літійового акумулятора під навантаженням протікає зворотний процес. Іони Li + повертаються на пластину з оксиду літію, в свій початковий стан. Графітова пластина на фользі з міді стає «мінусом», а оксид літію на фользі з алюмінію – «плюсом» (рис.).

Перевагою Li-Ion акумуляторів над іншими елементами живлення є: співвідношення ваги і енергоємності (до 1 МДж/кг), незначне саморозрядження (5% заряду в місяць), не потребує повного розрядження перед зарядкою, витримує 500 циклів (зарядка і розрядка), має вбудований захист від перезарядження [1, 2].

Акумулятори містять легкозаймисті пластмаси і електроліт, що часто є причиною пожеж [1, 2]. Руйнівна відмова батарей може настати, якщо енергія, що зберігається в батареї, вивільняється швидко. Резистивне хімічне нагрівання може призвести до витоку тепла, що призведе до пожежі та вибуху.

Температура батареї визначається швидкістю, з якою може розсіюватися тепло, в порівнянні зі швидкістю, з якою воно генерується [3]:

$$q = I(U_{OCP} - V) + ITdU_{OCP} / dT = I^2R + ITdU_{OCP} / dT,$$

де q – швидкість тепловиділення (Вт),

T – температура (К),

I – струм (А),

U_{OCP} – напруга розімкненого кола до подачі струму (В),

V – напруга на клеммах під час розряду (В),

R – опір акумулятора (Ом).

I^2R – резистивне тепло, що генерується в результаті екзотермічної реакції як під час зарядки, так і під час розрядки елемента.

$ITdU_{OCP} / dT$ – ентропійне тепло, що виділяється в результаті нормальної електрохімічної роботи акумулятора.

Відповідно, найбільш поширеною причиною відмов акумуляторних батарей електромобілів є їх перегрівання, спричинене недостатньою вентиляцією, конструкцією, високими температурами навколишнього середовища.

Наступна група чинників відмов акумуляторних батарей електромобілів є механічна – деформація (удар від падіння або падаючих предметів, високе перевантаження, дорожньо-транспортні пригоди електромобілів), протрапляння чужорідних предметів до батарей (наприклад дорожнього сміття, гілок та ін.).

До електронних чинників належать відмова плат управління батареями (BMS) і, як наслідок – перезаряд, надмірна розрядка або швидка зарядка батарей. Надмірний розряд може призвести до внутрішнього короткого замикання та, як наслідок, до відмови акумулятора і утворення газу [3].

Як механічна деформація, так і потрапляння чужорідних предметів викликають тепловий викид. Одна або кілька пар анода і катода вступають в прямий або непрямий (через струмопровідний об'єкт) електронний контакт, що призводить до внутрішнього короткого замикання, як результат – резистивне нагрівання [3]. Навіть дуже ізольований локальний нагрів до температури близько 70 °С призводить до розкладання шару захисної оболонки (сепаратора), що в результаті призводить до перебігу незворотної хімічної реакції.

У результаті короткого замикання органічних карбонатів літійовим анодом виділяється водень, CO, різні алкени і алкани. В міру накопичення газів виділяється тепло, що в кінцевому підсумку призводить до виходу з ладу сепаратора. Температура, при якій це відбувається, залежить від матеріалу сепаратора, температури його плавлення. На сьогодні сепаратори виготовляють з поліетилену (плавиться при 130 °С), поліпропілену (при 170°С), полімеру та полімеру з керамічним покриттям (при близько 200 °С) Як тільки сепаратор виходить з ладу, може статися внутрішнє коротке замикання, що призводить до подальшого нагрівання. Зрештою, структура катода руйнується, виділяючи ще більше тепла і кисню в результаті окислення. Температура, при якій це

відбувається, залежить від хімічного складу катода. На сьогодні найбезпечнішими вважаються акумулятори LFP [4].

Негативно на стан акумуляторних батарей електромобілів впливає перезаряд. Він призводить до утворення металевого літію на аноді та повне делітування катода [4]. Це призводить до руйнування конструкції і утворення високореактивних речовин, які окислюють електроліт з утворенням кисню [3]. Крім того, опір акумулятора збільшується, що призводить до збільшення резистивного нагріву. Висока швидкість зарядки і робота при $\leq 5^{\circ}\text{C}$ також призводять до нанесення металевого літію на анод [3, 4]. Металевий літій реагує з електролітом з супутнім виділенням газів і виділенням тепла та може осідати у вигляді дендритів. Вони здатні вирости до розмірів, щоб проникнути в сепаратор і викликати внутрішнє коротке замикання [3, 4].

Отже, питома енергоємність, низький коефіцієнт саморозрядження та тривала роботоздатність Li-Ion акумуляторів забезпечують їх перевагу над іншими елементами живлення, що дає можливість широкого їх застосування у різних галузях.

Аналіз причин відмови акумуляторних батарей електромобілів свідчить, що найпоширенішими групами відмов є термічні, механічні та електронні, які в кінцевому результаті призводять до перегрівання та виходу з ладу акумуляторів з виділенням значної кількості тепла та небезпечних отруйних речовин. Це вимагає розроблення новітніх систем термозахисту акумуляторів і удосконалення конструкцій акумуляторів з метою локалізації внутрішніх коротких замикань та блокування перебігу екзотермічних реакцій.

Література:

1. Pillot C. The rechargeable battery market and main trends 2018-2030. In: Proceedings of the advanced automotive battery conference. San diego, USA; 2019.
2. Tsiropoulos I., Tarvydas D., Lebedeva N. Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth. 2018. p. 72.
3. Gao Y., Jiang J., Zhang C., Zhang W., Ma Z., Jiang Y. Lithium-ion battery aging mechanisms and life model under different charging stresses. J Power Sources 2017; 356:103–14.
4. Hawkins T., Singh B., Majeau-Bettez G., Strømman A. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. J Ind Ecol 2013;17:53–64.

НАПРЯМИ ТА СПОСОБИ РОЗВИТКУ ПАРКУВАЛЬНОГО ПРОСТОРУ М. ХАРКОВА

Коробко К.О., студентка 1 курсу магістратури факультету інформаційних технологій, інженерії та управління

Тохтамиш Т.О., к.е.н., доцент кафедри фінансів та кредиту

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Для відповідності вимогам сучасного європейського міста необхідною умовою є створення організаційних і економічних умов для розвитку