

## АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Буряківський Віталій Андрійович, бакалавр,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [buryakovskiyvitaliy@gmail.com](mailto:buryakovskiyvitaliy@gmail.com), ORCID: [0009-0000-4880-6335](https://orcid.org/0009-0000-4880-6335)

### Вступ

Останніми роками, у зв'язку з прийняттям суворих екологічних вимог та розвитком технологій акумуляторних батарей, зростає популярність електромобілів. Системи регулювання температури тягових акумуляторних батарей забезпечують стабільну їх роботу у різних температурних умовах. Вдосконалення цих систем критично важливе для збільшення терміну експлуатації батарей та загальної ефективності електромобілів [1,2].

### Проблеми, пов'язані з температурним режимом акумуляторної батареї

Під час заряду/розряду у акумуляторах відбуваються різні хімічні та електрохімічні реакції. При високих рівнях струму під час швидкого заряду-розряду та від низької до високої напруги батареї виробляють більше тепла, ніж у звичайному випадку. Вироблене тепло залежить від електрохімічної системи елемента, структури, стану заряду та режиму заряду/розряду. Збільшення розміру акумуляторної батареї та збільшення кількості елементів може викликати серйозні проблеми, пов'язані з їх перегрівом та електричним розбалансуванням.

Було доведено, що для досягнення оптимального балансу між продуктивністю і терміном служби, оптимальний робочий діапазон для свинцево-кислотних, нікель-метал-гідридних та літій-іонних акумуляторів повинен становити від 25 °С до 45 °С, а різниця температур між окремими модулями батареї повинна бути не більше 5 °С. З іншого боку, у деяких дослідженнях свинцево-кислотних акумуляторів зазначено, що оптимальними з точки зору продуктивності та потужності, є температури від 20 °С до 65 °С, а літій-іонні батареї повинні мати максимальну робочу температуру від 45 °С до 50 °С і не нижче –10 °С.

Вплив температурного режиму на акумуляторні батареї:

- порушення перебігу електрохімічних реакцій;
- збільшення часу ефективного зарядку;
- зниження енергоефективності;
- зниження безпеки та надійності;
- скорочення термін служби і потреба у додатковому технічному обслуговуванні.

За результатами аналізу виділено дві основні проблеми, які виникають внаслідок порушення температурного режиму акумуляторних батарей. Перша – це нагрівання, яке відбувається під час заряду та розряду, що негативно впливає

на термін служби акумуляторної батареї. Друга – нерівномірний розподіл температури в акумуляторі, що призводить до механічних порушень конструкції батареї та окремих модулів [3,4].

Дослідження щодо тепловиділення різних типів елементів під час заряду та розряду наведені у таблиці 1. Як видно, при температурах від 40 °С до 50 °С електрохімічні реакції можуть бути ендотермічними (поглинати тепло) під час розряду літій-іонних батарей. Крім того, було виявлено, що нікель-металгідридні (Ni-MH) акумулятори при високих температурах ( $\geq 40$  °С), під час заряду/розряду у порівнянні зі свинцево-кислотними батареями та літій-іонними акумуляторами мають більше тепловиділення. Також видно, що збільшення розрядної ємності у різних типах батарей призводить до збільшення тепловиділення.

Таблиця 1 – Результати вимірювання тепловиділення типових модулів тягових акумуляторних батарей

Тип батареї	Цикл	Тепловиділення, Вт/комірка		
		0 °С	від 22 °С до 25 °С	50 °С
VRLA 16,5 А·год	С/1 Розряд, стан заряду від 100% до 0%	1,21	1,28	0,4
VRLA 16,5 А·год	5С Розряд, стан заряду від 100% до 0%	16,07	14,02	11,17
NiMH 20 А·год	С/1 Розряд, стан заряду від 70% до 35%	-	1,19	1,11
NiMH 20 А·год	Розряд 5С, рівень заряду від 70% до 35%	-	22,79	25,27
Li-Ion 6 А·год	С/1 Розряд, стан заряду від 80% до 50%	0,6	0,04	-0,18
Li-Ion 6 А·год	5С Розряд, стан заряду від 50% до 80%	12,07	3,50	1,22

Більшість наукових досліджень з терморегулювання акумуляторів стосуються проблем, які виникають у літій-іонних акумуляторів при високих температурах. Однак, згідно тих же досліджень видно (рисунок 1), що потужність літій-іонних батарей має найменші значення як при високих, так і при низьких температурах. Максимальна потужність досягається у діапазоні температур від 20 °С до 40 °С.

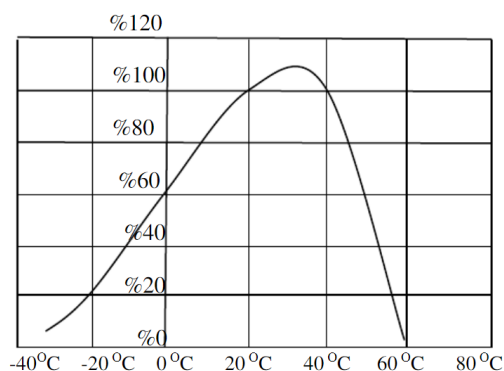


Рисунок 1. Залежність потужності від температури акумулятора [6]

Також, результати досліджень показали, що продуктивність і накопичення енергії значно знижуються при температурах до  $-10$  °С або, як в інших

дослідженнях,  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Крім того, хоча за низьких температур заряд батареї дуже ускладнений і може призвести до розпаду катоду та короткого замикання, розряд може відбуватися у нормальному режимі. Як основні причини низької продуктивності літій-іонних батарей при температурах нижче  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  визначено стабілізацію хімічних молекул у елементі, низьку електролітичну провідність, зменшення рухливості літію в елементі та збільшення внутрішнього опору [4-6].

### Висновки

Дослідження тягових батарей електромобілів показало, що температурний режим має велике значення для їх продуктивності та довговічності. Під час заряду та розряду акумуляторів відбувається значне тепловиділення, що негативно впливає на термін служби батарей, особливо при низьких температурах. Оптимальні температурні діапазони для різних типів акумуляторів становлять від  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , з допустимою різницею температур між модулями не більше  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для покращення ефективності та безпеки акумуляторів необхідно впроваджувати сучасні системи терморегулювання, які компенсують температурні коливання.

### Література

1. Sustainability in the automotive industry, importance of and impact on automobile interior – insights from an empirical survey // Матеріали сайту – 2020. – Режим доступу: <https://jcsr.springeropen.com/articles/10.1186/s40991-020-00057-z>.
2. Borodenko Y., Ribickis L., Zabasta A., Arhun Shch., Kunicina N., Hnatova H., Hnatov A., Patlins A. Konstantins Kunicins. Using the Method of the Spectral Analysis in Diagnostics of Electrical Process of Propulsion Systems Power Supply in Electric Car. *Przegląd Elektrotechniczny*. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.
3. A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries // Матеріали сайту – 2011. – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.3515880>.
4. Electric vehicle batteries: types and characteristics // Матеріали сайту – 2024. – Режим доступу: <https://www.electromaps.com/en/blog/electric-vehicle-batteries-types-characteristics>.
5. Гнатов А. В., Аргун І. В., Гнатова Г. А., Сохін П. А. Переобладнання автомобіля з ДВЗ в електромобіль. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2022. – № 21. – С. 22 – 30.
6. Review of Batteries Thermal Problems and Thermal Management Systems // Матеріали сайту – 2017. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/374783667\\_Review\\_of\\_Batteries\\_Thermal\\_Problems\\_and\\_Thermal\\_Management\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/374783667_Review_of_Batteries_Thermal_Problems_and_Thermal_Management_Systems).