

Серікова Ірина Олексіївна, асистент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Медведський Кирило Ігорович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [kirillmedvedskii3972001@gmail.com](mailto:kirillmedvedskii3972001@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЯГОВОЇ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багато електроавтомобілів мають стандартний діапазон подолання відстаней на одному заряді батареї. Але водії відзначають, що ця цифра часто не відповідає реальній відстані, яка автомобіль долає на одному заряді акумулятора. Погодні умови відіграють значну роль. Наприклад, у мороз відстань може скоротитися на 40% навіть при їзді на середній швидкості. Використання електромоторів може стати недоцільним для клімату з холодною й довгою зимою.

Найкращий на сьогодні електромобіль, який пропонує Tesla — S 100 D, може подолати максимальну відстань на одному заряді акумулятора 450 км. Але ця цифра незначна, якщо порівнювати максимальну відстань, яка може проїхати будь-який автомобіль на бензині. Крім цього, модель S 100 D поки є ексклюзивною розробкою. Середня відстань, яку долають більшість електромобілів на одному заряді, не перевищує 350 км.

Самою слабкою ланкою в умовах холоду очікуване є АКБ. Взагалі, вплив низьких температур на роботу акумулятора можна спостерігати на безлічі прикладів: від військового й космічного встаткування до мобільних телефонів і домашніх охоронних систем. Для автомобіля, оснащеного ДВЗ, даний компонент набагато менш важливий, так для його запуску потрібно лише короткочасний піковий струм. Електромобілю для роботи, навпаки, необхідний постійний струм. Давайте ближче глянемо на роботу АКБ і вплив на неї температури.

До складу АКБ входять два пористі електроди: позитивний і негативний. Електропровідний матеріал електрода складається із часток з великою щільністю. Пористість електродів викликана порожнечами між частками (рисунок 1.1). Два електроди відділені друг від друга електролітом. Крім того, пори обох електродів містять електроліт, що заповнює порожнечі між частками матеріалу. Ілюстрація нижче демонструє процес розряду в АКБ, причому розмір часток сильно перебільшений.

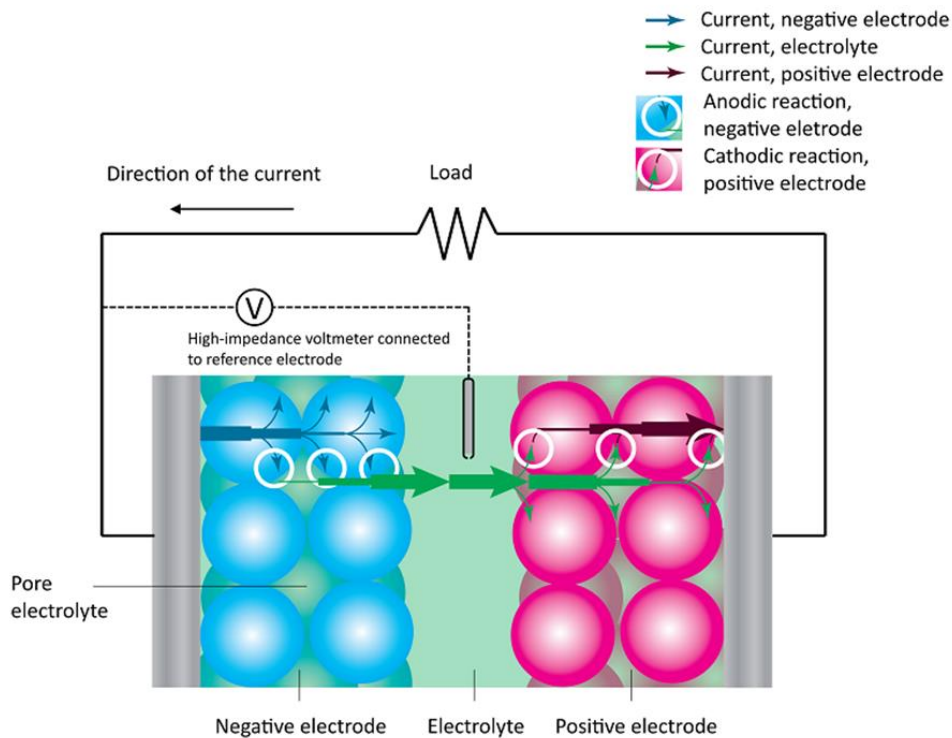


Рисунок 1.1 – Структура окремої ячійки

Більша частина літій-іонних батарей, використовуваних у сучасних електричних пристроях, має невелику негативну зміну ентропії, що означає невеликий ріст напруги розімкнутого елемента при зменшенні температури. Цього вже буде досить для поліпшення роботи в умовах низьких температур. Однак, зміна напруги відкритого елемента залежно від температури в порівнянні з іншими параметрами відносно невелике й становить від 0 до 0,4 мВ, менше 30 мВ у діапазоні від низької температури (-35°C) до кімнатної. Таким чином, причиною погіршення експлуатаційних характеристик АКБ при низьких температурах є термодинаміка сумарної реакції її розряду.

Фізичні характеристики електроліту значно впливають на роботу АКБ. Температура впливає на провідність і дифузійність електроліту й, відповідно, на ефективну провідність і дифузійність електроліту в порах електродів.

Таким чином, активні (реостатні) втрати в електроліті АКБ зростають при зниженні температури, що приводить до низької напруги гальванічних елементів при заданій силі струму й низькій температурі (рисунок 1.2). Крім того, недостатня провідність електроліту приводить до менш однорідної щільності струму при розподілі в пористих електродах, що, у свою чергу, знижує ємність АКБ. Ємність визначається як кількість ампер-годин, яку можна витягти з АКБ до швидкого спадання напруги.

Ємність АКБ залишається незмінною й при низьких температурах, однак слабка провідність і, відповідно, нерівномірний розподіл щільності струму не дозволяють задіяти повну ємність АКБ доти, доки вона не нагріється.

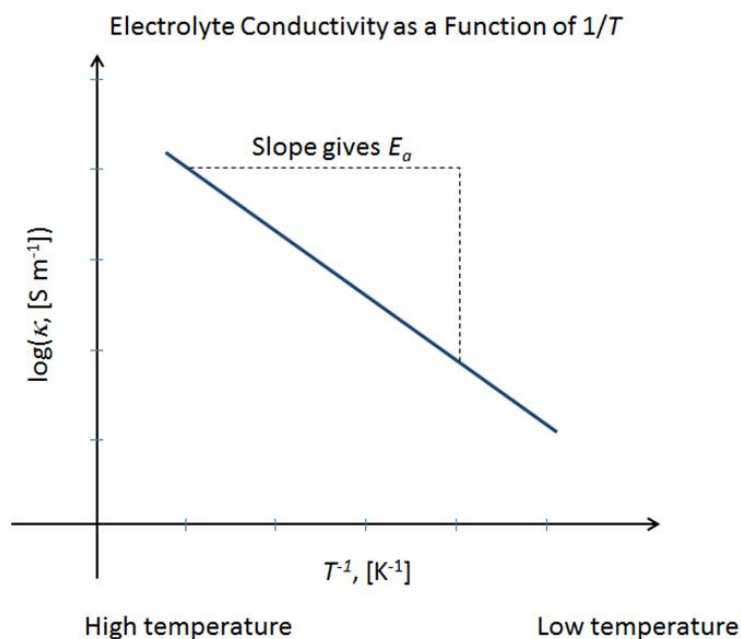


Рисунок 1.2 - Активні втрати в електроліті АКБ

Більше того, дифузійність хімічних компонентів електроліту, у край важлива для протікання електрохімічних реакцій, знижена тією самою мірою, що й провідність електроліту. Зменшення дифузійності збільшує перевантаження, що веде до зменшення напруги гальванічного елемента. Знижена дифузійність також веде до зменшення ємності АКБ, тому що великі фракції часток електродів АКБ стають недоступними в результаті обмежень масообміну.

З погляду фізики знижена рухливість є результатом того, що в електроліті скорочується кількість доступної теплової енергії, отже іонам і молекулам стає складніше долати силу взаємодії або тертя. Рухливість в електролітичних розчинах як функція температури описується рівнянням Арреніуса, у якому енергія активації ( $E_a$  на ілюстрації вище) являє собою енергію необхідну для того, щоб молекули змогли подолати силу взаємодії із сусідніми молекулами й почати рухатися в електролітичному розчині.

Твердий матеріал електрода, як правило, має провідність, на кілька порядків перевищуючої провідність електроліту в порах. Ступінь зміни провідності у твердих матеріалах зі зміною температури звичайно не виявляє впливу на експлуатаційні характеристики АКБ. Однак зарядка деяких АКБ в умовах низької температури може стати проблематичною, тому що приведе до утвору дендритів, що руйнують АКБ.

Останнім компонентом нестійкої роботи АКБ при низькій температурі є повільна кінетика анодних і катодних реакцій, що приводить до перевантаження по напрузі при запуску. З погляду фізики повільна кінетика електродів є наслідком того, що енергію активації стає складніше подолати, оскільки при низьких температурах у системі доступно менше теплової енергії.