Типи Li-ion акумуляторів для електромобілів

дата публікації: 2026.06.26



В останні роки світова автомобільна промисловість зробила потужний крок у бік електромобільності. Серцем кожного електрокара (EV) є літій-іонна акумуляторна батарея. Проте сьогодні в автопромі застосовують кілька абсолютно різних типів таких елементів живлення.

Наразі світова промисловість освоїла виробництво шести основних типів літій-іонних акумуляторів. Вони різняться переважно хімічним складом позитивного електрода (катода), від якого й походить їхня назва:

LCO | Літій-кобальтові LiCoO2
LMO | Літій-марганцево-оксидні LiMn2O4 і Li2MnO3
NMC | Літій-нікель-марганець-кобальт-оксидні LiNiMnCoO2
NCA | Літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидні LiNiCoAlO2
LFP | Літій-залізо-фосфатні LiFePo4
LTO | Літій-титанат-оксидні Li4Ti5O12

Звісно, хімічних варіацій існує значно більше, проте не всі вони придатні для масового промислового виробництва.

В автосерійному виробництві закріпилися три типи: **LFP, NMC** та **NCA**. На зорі електрифікації активно використовували елементи LMO (наприклад, у перших поколіннях Nissan Leaf), але зараз вони поступилися місцем досконалішим аналогам. Ба більше, автовиробники не мають жорсткої прив'язки до однієї технології: навіть у межах однієї моделі (залежно від комплектації) можуть застосовувати різні типи батарей.



Порівняння батарей NMC, NCA та LFP

Кожна технологія має унікальний набір характеристик — як переваг, так і недоліків.

1. Щільність енергії
Цей параметр визначає кількість енергії (Вт·год), яку акумулятор може запасти на одиницю власної ваги чи об'єму.

- **NCA:** ~322 Вт·год/кг (лідер за цим показником);
- **NMC:** ~230–250 Вт·год/кг;
- **LFP:** ~130–160 Вт·год/кг.

На практиці: Хоча LFP значно важчі, різниця в реальному запасі ходу між NMC та LFP вирівнюється нюансами експлуатації. Для збереження ресурсу батареї NMC/NCA рекомендують заряджати лише до 80%, тоді як LFP без шкоди для структури можна щодня заряджати до 100%.

2. Безпека
Параметр безпеки став критично важливим після серії резонансних самозаймань електромобілів. Тут беззаперечним лідером є **LFP**. Завдяки високій термічній та хімічній стабільності ці акумулятори здатні видавати велику потужність без критичного нагріву, що зводить ризик перегріву чи терморозгону (загоряння) до мінімуму, на відміну від активніших кобальтовмісних NCA/NMC.

3. Температурна стійкість
Елементи **LFP** демонструють кращу стабільність за високих температур, натомість **NMC/NCA** значно ефективніші в морози. Наприклад, за температури -20 °C батарея NMC здатна віддати близько 70,14% своєї місткості, тоді як LFP — лише 54,94%. Тому для країн із суворими зимами технологія NMC залишається пріоритетною.

4. Термін служби (деградація)
У цьому раунді знову перемагають **LFP** батареї. За умови заряджання/розряджання струмом в $1C$ та 100% глибині розряду (DoD) вони витримують до 3000 циклів. Якщо ж розряджати їх не глибше ніж до 20% (80% глибини розряду), ресурс зростає до 4500 циклів.

Простіше кажучи: якщо заряджати LFP-батарею щодня до повного об'єму, знадобиться понад 8 років, щоб зафіксувати бодай мінімальне падіння ємності. За аналогічних умов батареї **NMC** витримують у середньому 1000–2000 циклів, а **NCA** мають найнижчий показник — від 500 до 1000 циклів.

5. Екологічність
Оскільки екологічна безпека є головним рушієм розвитку електротранспорту, токсичність матеріалів має значення. Кобальт, який міститься в NMC та NCA, є важким і токсичним металом, видобуток якого пов'язаний із серйозними екологічними та етичними проблемами. Батареї **LFP** не містять кобальту чи нікелю, тому вони набагато безпечніші для довкілля і простіші в утилізації.

6. Вартість
Сировина для NMC та NCA (нікель, кобальт) коштує дорого. Хоча виробничий процес LFP-елементів технологічно складний, відсутність дорогих металів робить їх найдешевшими на ринку. Різниця в підсумковій вартості батарей однакової ємності становить від 5% до 15% на користь **LFP**, і цей розрив продовжує збільшуватися завдяки оптимізації виробництва.

Резюме
Літій-залізо-фосфатні (LFP) акумулятори суттєво безпечніші в експлуатації, довговічніші та завдають меншої шкоди екології. Саме тому вони стають домінантним типом живлення для масових і бюджетних електромобілів. Наприклад, у Китаї, який є головним світовим виробником елементів живлення, понад 60% усього обсягу виробництва акумуляторів для автопрому припадає саме на технологію LFP.

msg.equipment

Джерело: