

Перегуда М.М., аспірант кафедри
автомобілів і транспортних технологій
Шумляківський В.П., завідувач кафедри автомобілів
і транспортних технологій, к.т.н.
Державний університет «Житомирська політехніка»

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ВДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСУ СИЛОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

Еволюція транспорту спрямована на покращення екологічності та енергоефективності КТЗ, а виробництво електромобілів на сьогодні є основним вектором в автомобільній промисловості. У цій роботі, увага зосереджена на вдосконаленні конструкції корпусу силової батареї, як безпечного несучого елемента кузова легкового автомобіля.

До днища несучого кузова легкового автомобіля є багато функціональних вимог, але до наступних основних приділена особлива увага розробників і дослідників [1].

Структурна функція: статична та динамічна міцність і жорсткість мають вирішальне значення для динамічних і NVH (тест на шум, вібрацію та жорсткість автомобіля) характеристик автомобіля. Статична жорсткість кузова (як на вигин, так і на кручення) повинна бути оптимальною, як для комфорту пасажирів, так і для точності водіння, при цьому маса повинна бути якомога меншою. Усереднені довідкові дані для жорсткості Body In White (BIW) становлять близько 11 кН/мм для жорсткості на згин і 1500 кНм/рад для жорсткості на кручення [2].

Для реалізації функції безпеки днище має сприяти належному захисту пасажирів, оскільки це невід'ємна частина пасажирського салону і, в більш загальному плані, розподіляти поглинання енергії під час зіткнень, як фронтальних, так і бокових. У випадку з електромобілями, днище повинно забезпечувати належний захист від пошкодження акумуляторної батареї, щоб уникнути небезпеки пожежі або вибуху цього компонента [3].

Для забезпечення структурних та безпекових функцій оптимальним дизайном є блок батарей в конфігурації «скейтборд» (рис.1). Скейтборд - це тип конфігурації автомобільного шасі, який використовується для акумуляторних електромобілів. Шасі скейтборду включає базову конструкцію або платформу, на якій розміщені батареї, електродвигуни, інші електричні та електронні компоненти, які є основними для електромобіля. Основними ознаки цієї конфігурації є:

- плоский блок акумуляторів знаходиться максимально низько за умов необхідної геометричної прохідності та є структурною частиною кузова сучасного електромобіля, його можна досить легко подовжити або вкоротити для різних моделей за допомогою незначних втручань в дизайн днища;
- компактні двигуни на кінцях або в кутах шасі займають значно менше місця у порівнянні з громіздкими силовими агрегатами, трансмісією більшості автомобілів з ДВЗ.

Вперше така платформа була представлена в 2002 році компанією General Motors в концепті автомобіля AUTOnomy.

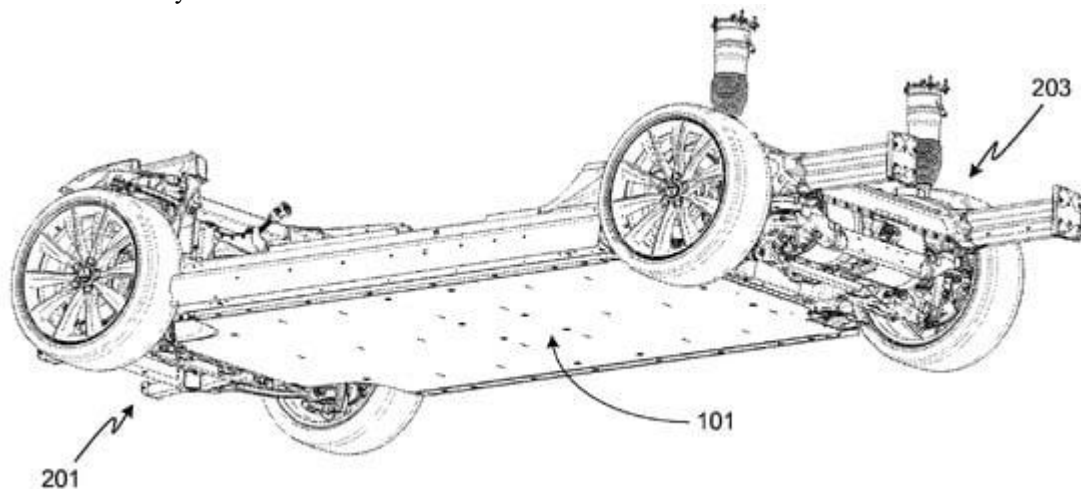


Рисунок 1. Запатентоване компанією Tesla рішення для інтеграції акумуляторної батареї в структуру днища [4].

Такий тип платформи надає багато структурних переваг, такі як низький центр ваги, модульність, легка можливість модифікації. Тож багато автовиробників взяли цю конфігурацію за основу.

На рисунку 2 показаний приклад еволюції дизайну акумуляторної батареї автомобілів виробництва Volkswagen. Платформа MQB розроблена в 2014 році, порівнюється з новою акумуляторною платформою MEB, прийнятою нещодавно. На платформі MQB акумуляторна батарея була розташована, таким чином, щоб використовувати простір, доступний у традиційній архітектурі підлоги, де присутній поздовжній тунель, тоді як на платформі MEB, акумуляторна батарея плоска і розташована під підлогою салону. Нова акумуляторна батарея дозволила VW покращити продуктивність автомобіля та запас автономності, скоротивши витрати виробництва на 50%, спрощення конструкції можемо візуально оцінити на рисунку 2 [5].



Рисунок 2. Порівняння акумуляторних блоків платформи VW MQB (ліворуч) і платформи VW MEB (праворуч)

Дану конфігурацію можливо покращити, використовуючи альтернативні матеріали. Асортимент матеріалів для розробки корпусів акумуляторів для електромобілів зростає, скловолокно та композити відкривають варіанти дизайну від модульних систем до повних корпусів, тоді як інші матеріали допомагають покращити властивості корпусів, від теплового та електричного екранування до збору вологи, яка може спричинити корозію.

Порівняно зі звичайними конструкціями корпусів із використанням традиційних матеріалів, таких як алюміній та інші метали, легкі термопластики потенційно можуть забезпечити 30-50% зменшення ваги на компонент, підвищити щільність енергії, спростити процес складання та покращити термоконтроль і безпеку, а також підвищити стійкість до ударів.

Займистість, безумовно, є головним фактором безпеки конструкції при виборі матеріалу для корпусу батареї, тому що навіть алюмінієві та сталеві пластини можуть мати проблеми з опором високим температурам, які виникають під час горіння батареї.

Ключовим стандартом є рейтинг горючості пластикових матеріалів UL94 V-0, який тепер узгоджено зі стандартами IEC 60695-11-10 і IEC 60695-11-20, а також ISO 9772 і ISO 9773. Вони визначають схильність пластикового матеріалу до вогнегасності або розповсюдження полум'я, коли зразок підпалюється. Матеріали з рейтингом V-0 зупиняють горіння протягом 10 секунд.

Багато розробників вагається, і вважає що пластик не підходить для акумуляторних блоків, оскільки він не може запобігти перегріву та пожежі. Однак під час тестування, алюмінієву пластину протягом 5 хвилин піддавали впливу полум'я з температурою 1100 °C. Таке саме випробування провели на кришці блоку батарей, виготовленій із поліпропілену з довгим скловолокном і вогнезахисною смолою (рис. 3). В результаті полум'я пропало за 2,5 хвилини, тоді як пластина зі скловолокна з FR смолою витримала температуру протягом повних 5 хвилин.



Рисунок 3. Кришка блоку батарей, сформована з використанням смоли Stamax FR, яка відповідає рейтингу горючості UL94 V-0 [6].

Висновки. Використання альтернативних матеріалів для виготовлення корпусу акумуляторної силової батареї покращує їх структурні функції та пожежну безпеку. Заміна сталі або алюмінію на пластики та композити пропонує легші корпуси та спрощення технології складання за рахунок зменшення кількості компонентів. Такий підхід відкриває більше можливостей для модульного дизайну та подальшої вторинної переробки таких корпусів. Нові вогнезахисні добавки для смол і матеріалів покриття композитів можуть підвищити теплопровідні та вогнезахисні характеристики корпусу силової акумуляторної батареї.

Література

1. Giovanni Belingardi; Alessandro Scattina; Battery Pack and Underbody: Integration in the Structure Design for Battery Electric Vehicles—Challenges and Solutions. 2023.
2. Park, D.; Jeong, S.H.; Kim, C.W.; Yang, H.W.; Kim, D.S.; Choi, D.H. Material arrangement optimization for weight minimization of an automotive body in white using a bi-level design strategy. 2016, 395–405.
3. Ascurra, J.; Luzzi, F.; Panfili, A.; Masoero, G.L.; Puppini, R.; Stolcis, L.; Belingardi, G.; Scattina, A. Underbody design for Battery Electric Vehicles. In Proceedings of the International Automotive Body Congress IABC, Torino, Italy. 2022.
4. Rawlinson, P. Underbody for a Motor Vehicle. U.S. Patent US-8286743-B2. 2012.
5. Luttenberger, P.; Ostrowski, M.; Kurz, M.; Sinz, W. Structural analysis of a body in white for battery integration using finite element and macro element with the focus on pole crash optimization. In Proceedings of the European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2012), Vienna, Austria, 2012.
6. Battery case materials, URL: <https://www.emobility-engineering.com/battery-case-materials/>