

**Шумляківський В. П., к.т.н., доц.  
Мацюк В.С., магістрант, II курс, гр. ААГ-17м, ФКІТМР  
Державний університет "Житомирська політехніка"**

## **НАДІЙНІСТЬ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Хоча, логічно припустити, що паливно-електричний гібрид з двома силовими і складними технічними компонентами може бути менш надійним, ніж його паливний аналог, але насправді це не так.

Гібриди самі по собі влаштовані досить просто. Принцип такий: звичайний бензиновий двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) крутить електромотор (один або декілька), який в свою чергу заряджає акумулятор, або енергія АКБ направляється на електродвигун, а він вже обертає колеса, дозволяючи прискорювати і сповільнювати автомобіль більш плавно.

Технічне перевага гібридів полягає в тому, що вони беруть все найкраще від обох моторів: ДВЗ і електричного. Як наслідок, такий тандем забезпечує екологічність і економічність в міському циклі, а також менший знос гальмівної системи. Практично всі сучасні гібриди мають систему рекуперації енергії. При уповільненні або при русі машини накатом електродвигуни починають крутитися від коліс і працювати як генератори, віддаючи струм на акумулятор.

В принципі, у гібридів кількість агрегатів не більш, ніж у авто з ДВЗ, і хоч електрика у них досить надійна, проте все це потенційні об'єкти для ремонту. Однією з найдорожчих є якраз високовольтна батарея.

Згідно із заявою виробників акумулятори високої напруги розраховані на весь термін служби автомобіля. Проте, гарантія Toyota становить всього 8 років або 160 000 км. У той же час, в США досить багато автомобілів Toyota Prius, які пройшли більше 300 000 км на рідній акумуляторної батареї без втручання сервісу. Вартість нового комплексу батарей для Toyota Prius і Auris HSD близько 2000 доларів.

Виходячи з світового досвіду, у Toyota Prius середній ресурс батареї становить 12-15 років експлуатації, у Honda Civic - приблизно 8-10 років, у Toyota Camry - близько 8, у Lexus GS 450h - 5 років. Пробіг скоріше вказує на загальний стан автомобіля. Але чим потужніший гібрид, тим швидше відбувається знос високовольтної батареї.

ДВЗ у більшості гібридів дефорсований і працює по більш «м'якому» циклу Аткинсона (точніше, по його спрощеному аналогу, названому циклом Міллера), що збільшує його ресурс, надійність і економічність.

ДВЗ у гібрида працює в режимі, близькому до ідеального. Ідеальний режим ДВЗ - це робота на постійних оборотах. У звичайного автомобіля оберти двигуна постійно змінюються, причому на розгоні це відбувається під повним навантаженням. Це викликає знос ДВЗ. У гібрида ДВЗ не пов'язаний безпосередньо з колесами і швидкість машини не має прямої залежності від його обертів. Ця особливість трохи шокує при першій поїздки на повному гібриді. Якщо Ви різко натиснете педаль акселератора, ДВЗ протягом секунди набере обертів до певного рівня, а машина при цьому не реагує, але зате потім починає вражаюче прискорюватися, рівномірно без провалів і перемиць. Таким чином, навіть під час розгону, ДВЗ гібрида працює на постійних оборотах, а прискорення забезпечується розподілом крутного моменту в диференціалі. Такий режим роботи ДВЗ підвищує його надійність в процесі експлуатації.

Гібрид не вимагає більш частого і більш дорогого ТО. Гальмівні колодки зношуються тільки після 100 - 150 тис.км. пробігу, тому що працюють мало через часте рекупераційне гальмування. ДВЗ гібрида використовується в більш простому й економічному режимі, ніж ДВЗ звичайного автомобіля, тому він менш критичний до техобслуговування. Звичайно, для довгої надійної роботи машини треба дотримуватися всіх регламентів та стежити за рівнями технічних рідин. Особливо це стосується термінів заміни гальмівної рідини, антифризу і масла в трансмісії. Заміна антифризу охолодження батареї здійснюється раз в 5 років або кожні 150 тис. км. З електричної частини - чищення повітропроводів батареї від пилу..

Як правило, саме покупці гібридів з пробігом понад 120 тис. км дешево першими стикаються з головним мінусом змішаної силової установки – дорожчею ремонтом електричних систем. Якщо мова йде про поломки звичайного двигуна, витрати на ремонт нічим не відрізняються від машин з ДВЗ. Якщо ж відбуваються якісь поломки електричних силових блоків, а також акумуляторних батарей, то, на жаль, ні у нас, ні за кордоном ніхто не робить дешево ефективне відновлення, пропонують великовузлову заміну.

Близько 80% поломок електричної силової установки в гібридних авто доводиться на інвертор, який заряджає акумулятори під час роботи ДВЗ. Цей механізм просто згоряє, і машину потім завести неможливо. Ремонт інвертора на неофіційному СТО коштує від \$ 2 тис., заміна в офіційному сервісному

центрі – в кілька разів дорожче. Цих витрат можна уникнути, якщо раз на рік заганяти авто на профілактику систем охолодження і живлення інвертора.

Автор статті [1] зазначає, що підрахувавши відсоткове співвідношення відмов, виявилось, що найбільше їх число припадає на електрообладнання і електроніку (34,2%). Частка відмови гібридної силової установки від загального числа несправностей становить 27%. Частка підвіски - 14%. Відмови інших вузлів не перевищують 10% (рис.1).

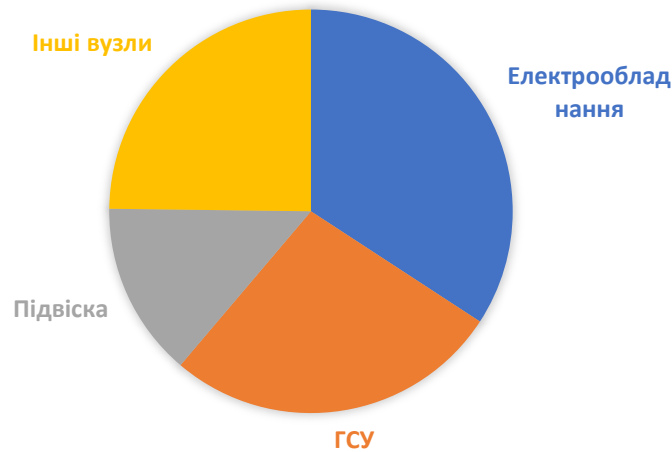


Рис. 1. Загальна вірогідність відмов ГСУ

Таким чином, з основних видів несправностей гібридних автомобілів виділяються дві підгрупи несправностей: електрообладнання та електроніка, гібридна силова установка (ГСУ).

В першій підгрупі основною причиною звернення власників, є передчасна втрата ємності високовольтної батареї. На цю несправність припадає 67% від загального числа звернень пов'язаних з несправностями електроустаткування.

При складанні батареї на заводі в неї встановлюють підібрані максимально близько один до одного елементи. Але з часом відбувається їх розбалансування по ємності, внутрішнього опору і багатьма іншими параметрами, що знижує ефективність батареї в цілому. Відбувається окислення мідних контактних пластин в високовольтної батареї. Автомобіль реагує на зниження якості високовольтної батареї: підвищенням витрати палива, некоректною індикацією рівня заряду і розряду батареї, що попереджає сигналізацією і падінням потужності в цілому. При подальшій експлуатації автомобіля з такою батареєю, збільшується ризик вибуху несправного елемента, що може привести загорання, автотранспортного засобу.

Аналіз даних показав, що основною причиною несправностей ГСУ є поломка помпи системи охолодження інвертора. На цю несправність припадає понад 70% випадків відмови. Частка інших відмов у загальній кількості поломок гібридної силової установки незначна (менше 5%). Виняток становить вихід їх лад силового модуля. Ця несправність зустрічається в 11,3% випадках.

В статті [2] представлені результати обробки статистичної інформації по гібридним автомобілям серії Toyota Prius першого і другого покоління, які мають одну і ту ж схему сполучення THS (рис.2).

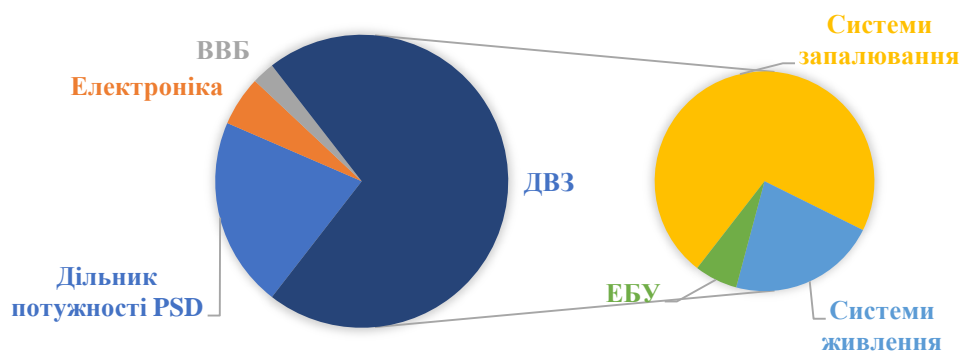


Рис. 2. Вірогідність відмов складових ГСУ за схемою THS

Найбільш вразливе місце даної ГСУ - ДВЗ 1NZ-FXE: 71% всіх відмов припадає на його системи. З них 51% - відмови системи запалювання, 15,5% - системи живлення, всього 4,5% від всіх відмов складає електронний блок управління двигуном (ЕБУД) з усіма своїми датчиками. Особливість цих відмов в тому, що вони призводять до непрацездатності всього гібридного автомобіля, а на одній електричній тязі далеко не заїдеш.

Дільник потужності PSD за кількістю відмов - на другому місці після ДВС (21% від усіх відмов ГСУ). Ці відмови не обумовлюють непрацездатність ГСУ, а викликають лише перешкоди у роботі дільника потужності, що призводить до невірної перерозподілу потужності від ДВЗ на провідні колеса і зарядку високовольтної батареї (ВВБ). При неправильному режимі зарядки ВВБ неминучі втрати її розрядної ємності, неприпустима ступінь розряду, вихід з ладу акумуляторних блоків.

Відмови електроніки ГСУ в сумі складають 5,5% від всіх відмов ГСУ. Без їх усунення система THS непрацездатна. Відмови викликані в основному перегрівом силових транзисторних ключів інвертора і обмоток статора МГ2. Створення ефективною та надійною системи охолодження інвертора і обмоток статора мотор-генераторів - ще одна серйозна проблема, яка потребує вирішення в даній ГСУ.

У ВВБ найменший відсоток відмов - 2,5%. Вихід з ладу акумуляторних блоків, як вже було зазначено вище, може бути викликаний несправністю PSD. Недотримання інструкцій з експлуатації ВВБ також може призвести до її відмови.

Аналіз статистичних даних по відмовах систем і агрегатів ГСУ THS можна поширити і на її пізнішу версію - HSD. За якістю ці силові установки тотожні. Тому при розробці нових технологій по експлуатації та ремонту ГСУ даного типу і створення сервісної інфраструктури для гібридних автомобілів отримані результати цілком придатні.

Дані отримані в дилерському центрі Тойота у Житомирі свідчать, що обсяги робіт з ТО на автомобілях з гібридною силовою установкою майже не відрізняється від обсягів робіт на автомобілях з традиційними ДВЗ, але за рахунок зміненої конструкції певні відмінності все ж є.

По-перше це додаткові роботи. Обов'язкова перевірка стану гібридної системи на кожному ТО (кожні 15 тис. км) складає 0.2 нормо-години. Заміна рідини інвертора відбувається кожні 150 тис. км та складає 1 нормо-годину.

По-друге, оскільки в повнопривідних гібридах привід задньої осі відбувається за рахунок окремого електромотору, регламент заміни масла в його редукторі теж інший. Для гібридних автомобілів заміна масла в редукторі приводу задніх коліс відбувається кожні 90 тис. км і складає 0.5 нормо-години. В автомобілях з традиційним ДВЗ привід на задню вісь здійснюється за допомогою роздавальної коробки, карданного валу й головної передачі в парі з диференціалом. Заміна масла в його редукторах здійснюється кожні 30 тис. км і складає 0.9 нормо-години

Заміна гальмівних колодок на таких транспортних засобах за рахунок рекуперативного гальмування відбувається, в середньому, в два-три рази рідше при ідентичних запасних частинах. Не поодинокими є випадки, коли гібридний автомобіль за 150 тис. км стирає лише половину гальмівних колодок.

Звичайно, деякі гібридні автомобілі потребують чистки системи охолодження ГСУ, чистки ВВБ від пилу. Але при правильному регламентному обслуговуванні з заміною всіх фільтрів та рідин це відбувається вкрай рідко.

### Література

1. Угай С.М., Каминский Н.С., Пермякова О.Г. Неисправности гибридных автомобилей при эксплуатации // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2018. № 1. - С.288-294.
2. К вопросу о специфике технического обслуживания и ремонта гибридных энергетических силовых установок // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (31). С. 102-112.