

О.Л. Ляшук, проф., д-р техн. наук, **У.М. Плекан**, канд. екон. наук, **О.П. Цьонь**, доц., канд. техн. наук, **Б.Р. Гевко**, канд. екон. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

e-mail: tson_oleg_@ukr.net

Розвиток технологій гібридних силових установок автомобілів

У статті розглянуто питання підвищення коефіцієнта корисної дії силових установок автомобілів, збільшення паливної економічності та зниження викидів токсичних газів у сучасних транспортних засобах. Новітні технології в автомобільній промисловості постійно еволюціонують, включаючи й силові установки легкових автомобілів. Окреслено тенденції останніх років у розвитку електромобілів, які використовують електричні силові установки замість двигунів внутрішнього згорання. Проаналізовано сучасний розвиток гібридних автомобілів та встановлено, що головною особливістю гібридних автомобілів є поєднання роботи двох різних типів двигунів (внутрішнього згорання і електричного) та розподілення енергії між ними за допомогою спеціальної трансмісії. Основним завданням трансмісії в гібридних автомобілях є забезпечення ефективного розподілу потужності між двигунами внутрішнього згорання і електромоторами. Одним з основних типів трансмісій для гібридних автомобілів є планетарна трансмісія (також відома як планетарна шестерня). В цілому, комбінація роботи двигуна внутрішнього згорання і електричного у гібридних автомобілях дозволяє досягти оптимального балансу між паливною ефективністю та екологічністю, забезпечуючи зручність і продуктивність при русі на автошляхах.

гібрид, автомобілі, силова установка, трансмісія, двигун, рекуперація енергії, режими керування

Постановка проблеми. В сучасній автомобільній промисловості існують кілька перспективних напрямків розвитку, що стосуються покращення якості функціонування автомобільного транспорту. Одним з них є підвищення коефіцієнта корисної дії силових установок, збільшення паливної економічності та зниження викидів токсичних газів.

До складу силової установки входять двигун, трансмісія та ведучі колеса. Двигун внутрішнього згорання, який є основною силовою установкою автомобілів, на певних режимах роботи працює дуже неефективно та має високий рівень шкідливих викидів. У зв'язку зі зростаючим дефіцитом палива і підвищенням їх вартості, стає все більш актуальним завданням зменшення витрат останнього.

Одним із способів досягнення більш екологічно чистих та економічних силових установок для автотранспортних засобів є використання комбінованих їх типів. Це відкриває широкі можливості для зменшення споживання палива, зниження викидів шкідливих речовин та покращення загальної ефективності використання автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість вчених та науковців працювали над дослідженням та розвитком технологій силових установок автомобілів протягом багатьох років. Вагомий внесок у галузь внесли Н. Тесла, Р. Дізель, К. Бенц, І. Маск.

Дослідження у сфері гібридних силових установок для автомобілів здійснюють як приватні організації, так і державні установи:

- Інститут електродинаміки Національної академії наук України. Проводяться дослідження в галузі електромобільності, включаючи розробку електричних та гібридних силових установок, акумуляторних батарей та систем керування [1].

- Київський національний університет технологій та дизайну. Дослідження в галузі гібридних силових установок для автомобілів, включаючи використання електромоторів та різних технологій енергозбереження на базі відділення "Альтернативна енергетика та транспорт" [2].

- Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". Дослідження використання розумних систем керування та оптимізації режимів роботи силових установок [3].

Українські вчені активно займаються дослідженнями в галузі та розробляють нові технології, спрямовані на підвищення ефективності та сталості силових установок автомобілів. Так у наукових дослідженнях [4] було розглянуто концептуальний підхід до створення системи діагностики силових елементів електропривода гібридного автомобіля. У роботі [5] автором зібрано та наведено деякі методики дослідників, за якими можливо здійснювати аналіз компоновальних схем та робочих процесів, що протікають у системах постачання енергій для руху легкових гібридних автомобілів.

Науковцями В. М. Павленко, В. І. Богдан, О. М. Тімков було розглянуто рівень розвитку впровадження альтернативних силових установок, а саме гібридних, в автомобілях та проаналізовано їх готовність до широкого використання [6, 7].

Разом з тим, новітні технології в автомобільній промисловості постійно еволюціонують, а тому зазначена проблематика залишається актуальною і потребує подальших досліджень.

Постановка завдання. Метою статті є висвітлення нововведень і трендів у галузі силових установок гібридних автомобілів. Мета дослідження обумовила виконання таких завдань:

- проаналізувати сутність силової установки автомобіля;
- описати спеціальну трансмісію гібридних автомобілів;
- окреслити режими роботи силової установки в гібридному автомобілі;
- проаналізувати сучасні технології силових установок транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу. Комбіновані силові установки представляють собою поєднання декількох двигунів, що працюють за різними фізичними принципами. Це дозволяє досягти кращої ефективності, знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу та оптимально використовувати паливо для ДВЗ.

Створення ефективних гібридних автотранспортних засобів через проведення дослідно-конструкторських робіт є актуальним та перспективним завданням з великим соціально-економічним значенням.

Практичне використання комбінованих силових установок дозволяє суттєво знизити вартість транспортування вантажів і пасажирів транспортним засобом, а також покращити його енергетичні та екологічні характеристики.

Гібридні автомобілі мають два типи двигунів: внутрішнього згорання (наприклад, бензиновий або дизельний двигун) і електричний двигун. Обидва типи двигунів працюють разом, але залежно від ряду факторів можуть функціонувати окремо або одночасно[8].

Гібридні транспортні засоби мають спеціальну трансмісію, яка дозволяє керувати передачею енергії між двигунами та колесами: механічну трансмісію, автоматичну трансмісію або поєднання обох типів. Основним завданням трансмісії в гібридних автомобілях є забезпечення ефективного розподілу потужності між двигунами внутрішнього згорання і електромоторами. Одним із широко використовуваних типів трансмісій для гібридних автомобілів є планетарна трансмісія (також відома як планетарна шестерня). Вона складається з набору шестерень із зубчатыми колесами, які можуть обертатися навколо спільної осі. Планетарна трансмісія забезпечує можливість

різних комбінацій між рухом двигуна внутрішнього згорання і електромоторів, що дозволяє досягати оптимального розподілу потужності залежно від умов їзди та вимог водія.

Іншим поширеним типом трансмісії є постійно змінна трансмісія. Вона працює на основі принципу використання різних комбінацій розміщення ременів і шківів, які забезпечують безступінчасте перемикання передач. Постійно змінна трансмісія дозволяє гібридним автомобілям плавно змінювати передачі, щоб підтримувати ефективність руху і оптимальний рівень обертового моменту.

Окрім цих основних типів, існують й інші варіанти трансмісій для гібридних автомобілів, такі як механічні трансмісії з електричним варіатором або з подвійним зчепленням. Кожен з цих типів має свої унікальні особливості будови і принципи функціонування, але загальна мета залишається незмінною – забезпечити оптимальний режим роботи автомобіля з урахуванням потужності обох двигунів.

Основні режими роботи силової установки у гібридному автомобілі включають:

1) Електричний режим. У цьому режимі автомобіль використовує тільки електричний двигун для приводу коліс. Електрична енергія постачається з батареї, яка зазвичай заряджається під час рекуперації енергії під час гальмування або зовнішнього джерела заряду. Цей режим зазвичай використовується під час низької швидкості або в міських умовах, де вимоги до потужності не настільки високі.

2) Гібридний режим. У гібридному режимі обидва двигуни працюють разом для приводу автомобіля. ДВЗ та електричний двигун спільно використовуються для забезпечення більшої потужності та кращої реакції на прискорення. Електричний двигун може допомагати ДВЗ під час розгону або при високих навантаженнях.

3) Режим заряду. У цьому режимі двигун внутрішнього згорання працює як генератор для батареї. Цей режим використовується, коли рівень заряду батареї досить низький і виникає потреба у підзарядці. ДВЗ використовує свою енергію для створення електричної енергії, яка потім направляється до батареї для подальшого використання електричним двигуном[9].

Режими роботи силової установки в гібридному автомобілі автоматично вибираються і керуються комп'ютером, який аналізує різні фактори, такі як швидкість руху, навантаження, рівень заряду батареї та ступінь прискорення. Система керування вибирає оптимальний режим роботи, забезпечуючи високу паливну ефективність і ефективне використання енергії. Цей гнучкий підхід до використання двох типів двигунів дозволяє гібридним автомобілям досягати кращої паливної економічності, особливо в умовах міської їзди, де часті зупинки та прискорення сприяють рекуперації енергії і використанню електричного режиму (рис. 1). Крім того, в гібридних автомобілях зазвичай є можливість ручного вибору режиму роботи, щоб водій міг впливати на використання енергії залежно від своїх потреб і умов на дорозі.

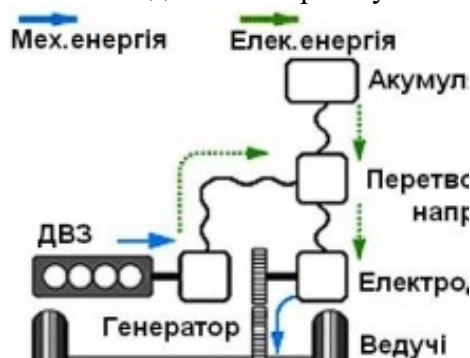


Рисунок 1 – Послідовна схема гібридного автомобіля

Джерело: [9]

Новітні технології в автомобільній промисловості постійно еволюціонують, включаючи й силові установки легкових автомобілів. Окреслимо тенденції останніх років у розвитку електричних автомобілів, які використовують електричні силові установки замість двигунів внутрішнього згоряння.

Зростання діапазону ходу. Виробники електричних автомобілів працюють над покращенням ємності батарей та ефективності системи, щоб забезпечити більший діапазон ходу на одному заряді. Застосування нових матеріалів та покращена технологія батарей значно збільшують пробіг електромобілів.

Швидке заряджання. Розробники працюють над розширенням мережі зарядних станцій та розвитком технологій швидкого заряджання, що дозволяє автомобілям швидше заряджатись і зменшує час, необхідний для повної зарядки батареї.

Удосконалення силових електронних систем. Електричні автомобілі використовують складні системи керування та силову електроніку. Виробники постійно вдосконалюють ці системи для покращення продуктивності, безпеки та зручності водіїв.

Крім повністю електричних автомобілів, гібридні автомобілі стають все популярнішими, оскільки вони дозволяють зменшити споживання палива та знизити викиди в атмосферу. Розвиток гібридних автомобілів також характеризується кількома новими тенденціями (рис. 2).

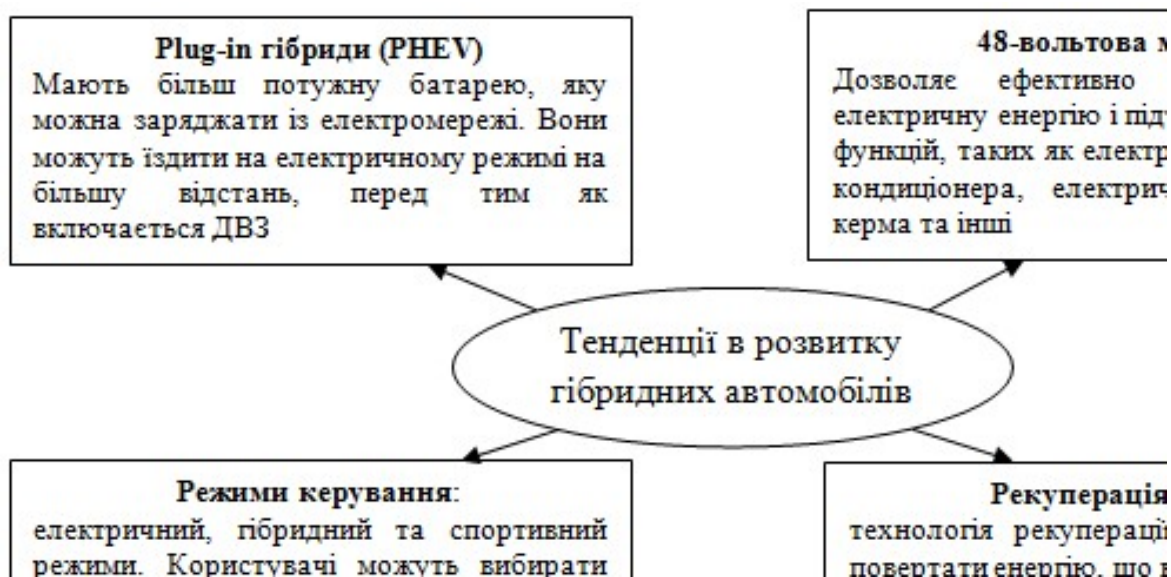


Рисунок 2 – Тенденції в розвитку гібридних автомобілів

Джерело: власна розробка

Plug-in гібридні автомобілі (PHEV) є типом гібридних автомобілів, які поєднують в собі два джерела енергії: електромотор та двигун внутрішнього згоряння. PHEV відрізняються від звичайних гібридів тим, що в них є можливість заряджати батарею із електричної мережі, що дозволяє проїжджати більшу відстань на електричному заряді. Основна перевага PHEV полягає в тому, що вони дозволяють здійснювати поїздки виключно у електричному режимі, що зменшує споживання палива та викиди шкідливих речовин у повітря. Крім того, вони мають додаткову можливість заряджатися із електромережі, що розширює їх потенціал та дозволяє економити на паливі. Зазвичай PHEV мають меншу електричну потужність порівняно з повністю електричними автомобілями, але вони компенсують це наявністю ДВЗ. Це

означає, що водії PHEV можуть мати значно більший запас ходу порівняно з електромобілями, оскільки вони можуть використовувати двигун внутрішнього згоряння у разі, якщо заряд батареї знижується до певного рівня.

Оскільки PHEV мають два джерела енергії, вони можуть працювати у кількох режимах. Електричний режим, коли автомобіль працює тільки на електромоторі. Гібридний режим, коли працюють як електромотор, так і ДВЗ. Режим зарядки, коли ДВЗ використовується для заряджання батареї. Таким чином, PHEV можуть бути більш гнучкими в експлуатації, оскільки вони комбінують переваги електромобілів і гібридів з ДВЗ. Основні переваги Plug-in гібридів:

- економія палива;
- нижчі викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- більша дальність поїздки;
- зарядка з електричної мережі;
- більша потужність;
- режими регенерації з відновленням енергії під час гальмування або спуску.

Необхідно відзначити, що конкретні характеристики PHEV можуть варіюватися в залежності від моделі та виробника автомобіля. Також важливо враховувати інфраструктуру зарядних станцій у вашому регіоні та інші фактори, які можуть впливати на ефективність використання PHEV.

В гібридних автомобілях 48-вольтова мережа представляє собою додаткову електричну систему, яка працює при напрузі 48V. Вона використовується для підтримки різних функцій автомобіля, зокрема для підвищення енергоефективності та покращення функціональності. Основною причиною використання 48-вольтової мережі є потреба у більш потужних та ефективних електричних системах в гібридних автомобілях.

Завдяки 48-вольтовій мережі гібридні автомобілі можуть мати додаткові електричні системи, наприклад, м'як-гібридні системи (MHEV - Mild Hybrid Electric Vehicles). У таких системах використовується 48-вольтовий стартер-генератор, який допомагає запускати двигун, а також виконує функцію генератора, що допомагає заряджати батарею. Крім того, 48-вольтова мережа дозволяє використовувати більш ефективні електричні компоненти, такі як електричні компресори, які забезпечують більш точне та ефективне управління системою кондиціонування повітря та іншими системами, що вимагають компресорного пристрою. 48-вольтова мережа також використовується в електричних автомобілях з підвищеною потужністю та рівнем електричних компонентів. Такі автомобілі можуть використовувати 48-вольтові акумулятори для живлення великих електричних навантажень, таких як електричні мотори, системи рекуперації енергії та інші. Ця система стає все більш поширеною у новітніх автомобільних технологіях, спрямованих на зменшення впливу на довкілля та підвищення продуктивності.

За останні роки режими керування в гібридних автомобілях зазнали значних змін, що зумовили:

- розширення діапазону режимів руху (залежно від умов дороги, стилю водіння та вимог ефективності);
- покращення режиму рекуперації енергії (можливість вибрати більшу або меншу міру рекуперації залежно від умов дороги та вимог водія);
- здатність прогнозування маршруту (системи навігації та зв'язку для прогнозування маршруту та оптимізації режиму роботи двигуна);
- розширення інтеграції зі смартфонами (віддалений контроль певних аспектів автомобіля за допомогою смартфона або іншого пристрою з підключенням до Інтернету) [10, 11].

Функція віддаленого контролю автомобіля за допомогою смартфона включають:

1. Дистанційний доступ та запуск двигуна, блокування або розблокування автомобіля, відкриття дверей.
2. Моніторинг рівня заряду батареї.
3. Управління системою кондиціонування повітря.
4. Діагностика стану автомобіля: рівня палива, стану шин тощо.

Важливою характеристикою гібридних автомобілів, яка допомагає зменшити споживання палива та покращити показники паливної ефективності є рекуперація енергії. Сучасні тенденції в рекуперації енергії спрямовані на постійне вдосконалення технологій, щоб забезпечити більш ефективний процес відновлення енергії.

Рекуперація енергії полягає у зборі та використанні енергії, яка виникає під час гальмування або руху транспортного засобу на спуск. У звичайних автомобілях ця енергія просто розсіюється у вигляді тепла, тоді як у гібридних автомобілях вона може бути перетворена на електричну енергію і збережена для подальшого використання. Виробники автомобілів використовують різні технології, такі як системи рекуперації гальмівної енергії, що дозволяють конвертувати кінетичну енергію руху автомобіля в електричну енергію, яка зберігається в акумуляторах. Деякі гібридні автомобілі використовують так званий "рекуперативний гальмівний ефект". Під час гальмування електромотори автомобіля перетворюються на генератори, що збирають енергію, яка зазвичай втрачалася би під час гальмування. Ця енергія перенаправляється до акумулятора для подальшого використання. Таким чином використовуючи рекуперацію, гібридні автомобілі можуть ефективно використовувати енергію, яка зазвичай була б втрачена під час гальмування. Це дозволяє збільшити загальну паливну ефективність автомобіля і зменшити його споживання.

На початкових етапах впровадження системи рекуперації енергії була обмежена гальмівними системами, але можливості акумуляування енергії із різних джерел розширюються. Наприклад, енергія отримується під час розгону автомобіля, зниження швидкості, під час руху на нерівностях дороги. Це дозволяє максимально використовувати можливості для рекуперації енергії та забезпечити ще більшу паливну ефективність. Рекуперація енергії поєднується з іншими технологіями енергозбереження. Загалом, сучасні тенденції в рекуперації енергії в гібридних автомобілях спрямовані на постійне вдосконалення технологій, щоб забезпечити більш ефективне і широкомасштабне її використання. Виробники автомобілів вкладають зусилля в розробку нових систем рекуперації, які забезпечують більше акумуляування та зберігання електричної енергії.

Крім того, розглядаються можливості інтеграції рекуперації з іншими джерелами енергії, такими як паливні елементи або сонячні панелі. Це дозволяє автомобілю отримувати додаткову електроенергію з різних джерел і забезпечувати більшу ефективність та незалежність від її зовнішніх джерел.

Зрозумілим є те, що рекуперація енергії в гібридних автомобілях є перспективним напрямом, а сучасні технології та тенденції спрямовані на максимально ефективне використання та збереження її для підвищення паливної ефективності і зниження викидів шкідливих речовин.

Висновки. Головна особливість гібридних автомобілів полягає в тому, що вони поєднують в собі роботу двох різних типів двигунів (внутрішнього згорання і електричного) та уможливають розподілення енергії між ними за допомогою спеціальної трансмісії. Це дозволяє досягти більшої паливної ефективності, зменшити викиди шкідливих речовин та покращити екологічні показники автомобіля. В цілому, комбінація роботи ДВЗ і електричного двигунів у гібридних автомобілях дозволяє

досягти оптимального балансу між паливною ефективністю та екологічністю, забезпечуючи зручність і продуктивність при русі на дорозі.

Розробка ефективних комбінованих силових установок для автотранспортних засобів є надзвичайно важливим завданням із високою економічною перевагою.

Список літератури

1. Національна академія наук України. Інститут електродинаміки: веб-сайт. URL: <https://ied.org.ua/innovacijni-propozycziyi/> (дата звернення: 06.07.2023).
2. Екологічний клуб Green University. КНЕУ імені Вадима Гетьмана: веб-сайт. URL: https://green.kneu.edu.ua/ua/form_eco/ (дата звернення: 06.07.2023).
3. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»: веб-сайт. URL: <https://www.kpi.kharkov.ua/ukr/nauka/> (дата звернення: 06.07.2023).
4. Бороденко Ю. М., Черевач А. В. Концепція діагностики електропривода гібридного автомобіля. *Автомоб. трансп.* 2012. Вип. 30. С. 59-64.
5. Кубіч В. І. Гібридні силові установки легкових автомобілів : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 193 с.
6. Павленко В. М., Богдан В. І. Гібридні силові установки для сучасних автомобілів. *Вісн. Вінниць. політехн. ін-ту.* 2009. № 5. С. 108-111.
7. Тімков О. М., Григорашенко О. В. Поява гібридних силових установок на транспортних засобах. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* 2014. № 1. С. 42-47.
8. Гібридні автомобілі : монографія / О. В. Бажинов та ін. Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Х.: Крок, 2008. 327 с.
9. ДВЗ з нетрадиційними робочим циклами. Напрямки розвитку транспортних енергетичних установок / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. *Запоріжжя : ЗНТУ,* 2019. 82 с.
10. Осетров О. О., Кравченко С.С., Чучуменко Б.С. Обґрунтування параметрів послідовної гібридної силовій установки легкового автомобіля. *Двигуни внутрішнього згоряння.* 2022. №1. С.78-85 DOI: 10.20998/0419-8719.2022.1.10
11. Тімков О. М., Ященко Д. М. До вибору типу гібридної силовій установки автомобіля категорії М1. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* 2014. № 2. С. 72-75.

References

1. National Academy of Sciences of Ukraine. Institute of Electrodynamics: Website. Retrieved from <https://ied.org.ua/innovacijni-propozycziyi/> [in Ukrainian].
2. Ecological club "Green University". KNEU named after Vadym Hetman : website. Retrieved from https://green.kneu.edu.ua/ua/form_eco/ [in Ukrainian].
3. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Website. Retrieved from <https://www.kpi.kharkov.ua/ukr/nauka/> [in Ukrainian].
4. Borodenko, Yu. N., & Cherevach, A. V. (2012). Konceptija diagnostiki elektroprivoda gibridnogo avtomobilja [The concept of diagnosis of the electric drive of a hybrid car]. *Avtomob. transp. – Automobile transport, (30)*, 59-64 [in Ukrainian].
5. Kubich, V. I., & Kubych, V. Y. (2021). *Hibrydni sylovi ustanovky lehkovykh avtomobiliv [Hybrid power plants of passenger cars]*. Zaporizhzhia : NU «Zaporiz'ka politekhnik» [in Ukrainian].
6. Pavlenko, V. M., & Bohdan, V. I. (2009). Hibrydni sylovi ustanovky dlia suchasnykh avtomobiliv [Hybrid power plants for modern cars] . *Visn. Vinnyts. politekh. in-tu – Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute, № 5*, 108-111 [in Ukrainian].
7. Timkov, O.M., & Hryhorashenko, O.V. (2014). Poiava hibrydnykh sylovykh ustanovok na transportnykh zasobakh [The emergence of hybrid power plants on vehicles.]. *Visnyk Donetskoï akademii avtomobilnoho transportu – Bulletin of the Donetsk Academy of Automobile Transport, (1)*, 42-47 [in Ukrainian].
8. Bazhynov, O.V. et al. (2008). *Hibrydni avtomobili [Hybrid cars]*. Kh.: Krok [in Ukrainian].
9. Artiukh, O. M., Artiukh, A. N., Dudarenko, O. V., Dudarenko, O. V., Sosyk, A. Yu. et al. (2019). *Teksty (konspekt lektzii) z dystsypliny "Transportni enerhetychni ustanovky"*. Part. 4 . Zaporizhzhia : ZNTU [in Ukrainian].
10. Osetrov, O.O., Kravchenko, S.S., & Chuchumenko, B.S. (2022). Obhruntuvannia parametriv poslidovnoi hibrydnoi sylovoi ustanovky lehkovoho avtomobilja [Justification of the parameters of a sequential hybrid power plant of a passenger car]. *Dvyhuny vnurishnoho zghoriannia – Internal combustion engines, (1)*, 78-85 [in Ukrainian].

11. Timkov, O.M., & Yashchenko, D.M. (2014). Do vyboru typu hibrydnoi sylovoi ustanovky avtomobilia katehorii M1 [Before choosing the type of hybrid power plant of the M1 category car.]. *Visnyk Donetskoï akademii avtomobilnoho transportu – Bulletin of the Donetsk Academy of Road Transport*, (2), 72-75 [in Ukrainian].

Oleg Lyashuk, Prof., DSc., **Uliana Plekan**, PhD econ. sci., **Oleg Tson**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Bogdan Gevko**, PhD econ. sci.

Ternopil Ivan Puluĵ National Technical University, Ternopil, Ukraine

Development Technologies of Cars Hybrid Power Plants

Innovations and trends in the field of power plants of hybrid cars were covered in the article. The essence of the car's power plant was analyzed. The special transmission of hybrid cars was described. The modes of operation of the power plant in a hybrid car were outlined. Modern technologies of power plants of cars were given.

The issue of increasing the efficiency of propulsion system of cars, increasing fuel efficiency and reducing toxic gas emissions in modern automotive industry was considered. It was emphasized that the practical use of combined power plants allows to significantly reduce the cost of transporting goods and passengers by vehicle, as well as to improve energy and environmental characteristics. The main modes of operation of the power plant in a hybrid car were listed by the authors, in particular: electric mode, hybrid mode, charge mode. Trends in the development of electric cars, which use electric propulsion systems instead of internal combustion engines, have been outlined. The trend of recent years in the development of electric cars included: an increase in the range of travel, fast charging and improvement of power electronic systems. The modern development of hybrid cars was analyzed in the article, in particular: Plug-in hybrid cars, use of a 48-volt network, an improvement of control modes in hybrid cars and energy recovery systems. Special attention was paid to changes in driving modes of hybrid cars.

In general, the technologies of power plants of cars are developing rapidly, are aimed at reducing fuel consumption. A combination of internal combustion and electric motors in hybrid cars makes it possible to achieve an optimal balance between fuel efficiency and environmental friendliness, and ensures convenience and performance when driving on the road.

hybrid, cars, propulsion system, transmission, engine, energy recovery, control modes

Одержано (Received) 27.09.2023

Прорецензовано (Reviewed) 08.10.2023

Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023

UDC 629.017

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.146-152](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.146-152)

Michael Podryhalo, Prof., DSc., **Olexand Polyanskyi**, Prof., DSc., **Yevgeniy Dubinin**, Prof., DSc., **Dmytro Klets**, Prof., DSc., **Vladyslava Baidala**, Assist., **Maksym Krasnokutskyi**, post graduate

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

e-mail: dubinin-rmn@ukr.net

Improving the Accuracy of Wheeled Vehicle Acceleration Estimation During Testing

The study considers the influence of installation errors during the installation of linear acceleration sensors on the accuracy of measurements during testing of wheeled vehicles, including the dynamic stability of the position. The possibility of automatic correction of these errors to improve measurement accuracy is considered. The work includes establishing the dependence of linear acceleration components on the angular deviations of the axes of the wheeled vehicle coordinate system and developing a method of automatic correction in real time to ensure high quality measurements and maintain the reliability of measurement systems.

wheeled machine, measurement error, deviation, acceleration, automation

© M. Podryhalo, O. Polyanskyi, Ye. Dubinin, D. Klets, V. Baidala, M. Krasnokutskyi, 2023