

С.С. Кравченко, Б.С. Чучуменко, Д.С. Таланін

АНАЛІЗ ТИПІВ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

У даній роботі проведено аналіз переваг та недоліків силових установок транспортних засобів (ТЗ), розглянуто розвиток та сучасні типи гібридних силових установок, що використовуються на транспорті. Виконано аналіз викидів діоксиду вуглецю (CO_2) в атмосферу від автомобілів, оснащених різними типами силових приводів, включаючи двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), гібридні приводи та електричні двигуни. Проведені дослідження викидів, які виникають під час експлуатації транспортних засобів, а також викиди, пов'язані з виробництвом високовольтних батарей для електромобілів та виробництвом електроенергії, необхідної для їх заряджання. Зроблено висновок, що електромобілі, незважаючи на свою популярність як екологічно чисті транспортні засоби, можуть мати значний вплив на довкілля. Це обумовлено високими викидами CO_2 під час виробництва батарей, які є ключовим компонентом електромобілів. Виробництво цих батарей потребує значних енергетичних витрат і використання різних матеріалів, видобуток і обробка яких також призводять до викидів парникових газів. Крім того, екологічний вплив електромобілів значною мірою залежить від джерел електроенергії, яка використовується для їх заряджання. При генерації електроенергії з вичерпних видів палива, таких як вугілля або природний газ, загальні викиди CO_2 можуть бути значно вищими, що знижує екологічну перевагу електромобілів над автомобілями з ДВЗ. З іншого боку, використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія, для заряджання електромобілів суттєво знижує викиди CO_2 в атмосферу. У роботі також розглядаються гібридні транспортні засоби, які поєднують ДВЗ і електричний двигун. Такі автомобілі зазвичай мають нижчі викиди CO_2 під час експлуатації порівняно з традиційними транспортними засобами з ДВЗ, але їх екологічний вплив також залежить від виробництва та утилізації батарей. Для прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору силового приводу та розвитку транспортної інфраструктури необхідно враховувати всі аспекти, включаючи виробництво транспортних засобів, їх експлуатацію та утилізацію. Важливим є також розвиток технологій зменшення викидів і підвищення енергоефективності на всіх етапах життєвого циклу транспортного засобу. В роботі зроблено висновок, що для зниження загального впливу транспортних засобів на довкілля необхідно не тільки розвивати електромобільний транспорт, але й поєднувати переваги ДВЗ та електродвигунів (розвивати гібридний привід), удосконалювати технології виробництва батарей, розширювати використання відновлюваних джерел енергії та впроваджувати інші заходи для зменшення викидів CO_2 .

Ключові слова: екологія; діоксид вуглецю, двигун; електродвигун; гібридна силова установка; електроенергія; генерація; високовольтна батарея.

Вступ

На сьогодні в світі розвивається велике різноманіття силових установок транспортних засобів, які відображають не лише технологічні, але й екологічні зміни. Особливу увагу приділяється розвитку нових типів приводів, таких як гібридні силові установки та електричні двигуни, які набувають все більшої популярності в умовах підвищеного попиту на екологічно чисті автомобілі [1].

Проте традиційні двигуни внутрішнього згоряння, які працюють на бензині чи дизелі, залишаються популярними силовими установками, адже вони володіють високою енергетичною ємністю палива та мають розвинену мережу заправних станцій. З появою гібридних силових установок, які комбінують переваги ДВЗ та електродвигуна, ефективність та екологічність транспортних засобів значно зросли, особливо в умовах міського руху.

Зростаючий інтерес до електричних двигунів обумовлений їхньою екологічною чистотою. Проте, варто враховувати, що процес виробництва деяких елементів електромобілів, зокрема акумуляторних батарей, супроводжується значними вики-

дами CO_2 , а також вимагає значних енергетичних затрат.

При дослідженні викидів CO_2 в атмосферу від транспортних засобів, необхідно враховувати не лише прямі викиди, але й емісії, пов'язані з виробництвом та енергозабезпеченням. Крім того, важливо розглядати регіональні особливості генерації електроенергії, оскільки тип палива, який використовується для цього, впливає на загальний екологічний відбиток автомобільного транспорту.

Мета дослідження – аналіз типів силових установок транспортних засобів, їх переваг та недоліків, комплексний аналіз викидів CO_2 в атмосферу, які генеруються різними типами силових приводів у автомобільній індустрії.

Аналіз переваг та недоліків силових установок транспортних засобів.

На сьогодні в автомобільному транспорті застосовуються різні силові установки: двигуни внутрішнього згоряння, гібридні силові установки (ДВЗ + електродвигун), електричні двигуни.

Автомобілі на основі ДВЗ мають ряд переваг в порівнянні зі своїми конкурентами. Перш за все, паливо для них доступне в усьому світі та розвине-

на мережа автозаправних станцій, в той час як інфраструктура зарядних станцій для електромобілів, особливо в Україні, ще розвивається.

Також варто відзначити, що ТЗ на основі силових установок з ДВЗ, зазвичай мають великий запас ходу та довговічність, на відмінну від електрокарів, мала ймовірність того, що навіть топова версія Tesla зможе проїхати на одному заряді з Харкова до Києва. В той час, як одного повного баку дизельного автомобіля вистачить на подорож Харків–Київ–Харків. Тобто, електропривід краще застосовувати на транспортних засобах в умовах міського циклу. Заправка ТЗ з ДВЗ займає менше часу, а на ринку представлений великий вибір моделей. Проте, ДВЗ мають і недоліки, зокрема, невисока ефективність циклу, значні викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами, вимоги до яких постійно посилюються, та залежність від нафтових ресурсів.

Гібридні автомобілі, з одного боку, менш шкідливо впливають на навколишнє середовище, мають кращу паливну економічність і отримують економічну підтримку у багатьох країнах. З іншого боку, вони є дорожчими в обслуговуванні та обмежені дистанцією поїздки тільки на електротязі. Також варто відзначити, процес утилізації високовольтних батарей потребує певної інфраструктури та витрат, а їх виготовлення згубним чином впливає на навколишнє середовище, що також буде притаманним і для електромобілів.

Не дивлячись на недоліки електромобілів, які були згадані, вони мають і свої переваги. Вони забезпечують тиху роботу, не мають емісію шкідливих речовин з відпрацьованими газами та мають високий ККД електродвигуна, у порівнянні з ДВЗ. Також, їхні переваги включають просту трансмісію та можливість використання рекуперації енергії. Максимальний крутний момент електродвигуна доступний відразу при низьких обертах ротора (рис. 1.), що дозволяє отримувати хорошу динаміку ТЗ.

Аналіз вище наведеного матеріалу показує, що силові приводи як ДВЗ так і електропривід мають свої недоліки та переваги. Найбільш інноваційним підходом до поєднання переваг обох технологій, з точки зору економічності та екологічності транспортних засобів, є гібридні силові установки.

Розвиток гібридних транспортних засобів

Розвиток гібридних автомобілів пройшов довгий шлях і включає в себе численні технологічні інновації, поліпшення та зміни в концепції гібридної технології. Ось кілька ключових моментів у розвитку гібридних автомобілів:

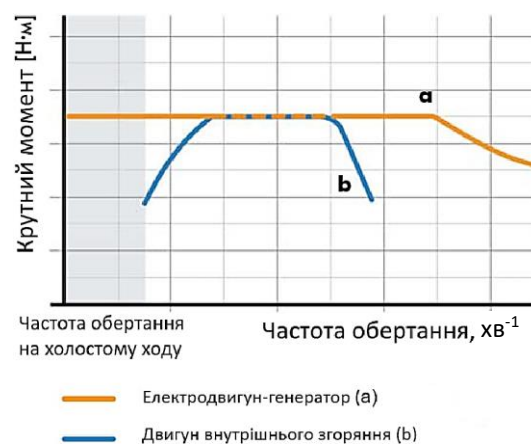


Рис. 1. Порівняння крутного моменту ДВЗ та електродвигуна [2]

- початок 20-го століття - перші гібридні автомобілі, подібні до того, що був розроблений Фердинандом Порше у 1900 році, використовували комбінацію електродвигунів і двигунів внутрішнього згоряння. Проте, через технічні обмеження та високу вартість, ця концепція не знайшла широкого застосування.

- 1970-ті роки - під час кризи нафтової енергії в 1970-х роках знову зріс інтерес до гібридних технологій через збільшення цін на паливо. Деякі автомобільні компанії провели дослідження та розробку гібридних концепцій, але масове впровадження таких транспортних засобів також в цей період не відбулося.

- початок 21-го століття - перехід до більш чистих і енергоефективних технологій в 2000-х роках призвів до масового впровадження гібридних автомобілів. Toyota Prius став символом цього періоду, ставши першим масовим гібридним авто, яке завоювало популярність серед споживачів. Інші автовиробники також почали розробку та випуск гібридних моделей.

- на сьогодні сучасні гібридні автомобілі використовують різні технології, такі як регенеративне гальмування, літій-іонні акумулятори, електричний та бензиновий двигуни, а також удосконалені системи управління електроенергією. Деякі моделі можуть їздити в режимі "електричного ходу" на невелику відстань.

Загалом, розвиток гібридних автомобілів є невід'ємною частиною еволюції автомобільної промисловості, спрямованою на зменшення впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності використання енергії. З'явилися гібридні варіанти різного класу автомобілів, включаючи кросовери, седани, і навіть вантажівки. Це свідчить про те, що гібридна технологія стала більш доступною та варіативною.

Сучасні типи гібридних силових установок, що використовуються на транспорті

Залежно від конструкції виділяють три типи гібридного силового приводу:

- *Мікрогібридний силовий агрегат.*

У даній концепції приводу автомобіля, електричний компонент (стартер/генератор) використовується виключно для реалізації функції "Старт-стоп". Основною метою цієї технології є автоматичне вимикання та запуск двигуна при зупинці автомобіля, що сприяє економії пального та зменшенню викидів шкідливих речовин.

Ще однією важливою функцією є рекуперація, тобто використання частини кінетичної енергії автомобіля під час гальмування для зарядки батареї. Це дозволяє перетворити частину енергії, яка втрачається під час гальмування, у електричну енергію, яку можна використовувати для подальшого руху або для живлення електричних систем автомобіля. Важливо відзначити, що у цій концепції відсутній привід від електричної тяги. Тобто, електричний компонент може бути задіяний для старт-стоп системи та рекуперації, головним джерелом тяги залишається ДВЗ.

Окрім цього, параметри 12-вольтової автомобільної батареї адаптовані до частого запуску двигуна. Схема такого гібриду зображена на рис 2.

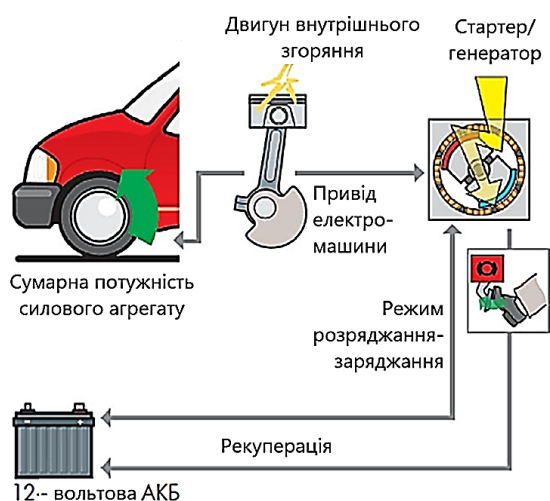


Рис. 2. Схема мікрогібридного силового агрегату [3]

- *Середньогібридний силовий агрегат.*

У даній концепції електричний привід підтримує роботу двигуна внутрішнього згоряння. Однак, на відміну від «мікрогібридного» привода, у цьому випадку автомобіль здатний рухатися виключно на електричній тязі.

Електричний привід допомагає підтримувати роботу двигуна внутрішнього згоряння. Це призво-

дить до зменшення споживання палива та зменшення викидів шкідливих речовин під час руху.

Під час гальмування або спуску значна частина кінетичної енергії регенерується і зберігається у високовольтній батареї у вигляді електричної енергії. Це сприяє підвищенню ефективності системи.

Система використовує високовольтну батарею та електричні компоненти, спроєктовані для високої напруги та вищої потужності. Це дозволяє ефективніше використовувати електричний привід та регенерувати енергію.

Завдяки електродвигуну-генератору режим роботи теплового двигуна може бути зсунутий в область максимальної ефективності, що, в цілому, сприяє підвищенню загальної ефективності силового приводу автомобіля.

Узагальнюючи, "середньогібридний" привід об'єднує переваги як двигуна внутрішнього згоряння, так і електричного приводу. Схема такого гібриду зображена на рис 3.



Рис. 3. Схема середньогібридного силового агрегату [3]

- *Повногібридний силовий агрегат.*

В даній концепції гібридного приводу, в якій потужний електродвигун-генератор комбінується з двигуном внутрішнього згоряння, реалізована можливість руху виключно на електричній тязі.

Система дозволяє транспортному засобу рухатися лише за допомогою електричного приводу, що сприяє зниженню викидів і підвищенню ефективності при низьких швидкостях або на коротких відстанях.

Електродвигун-генератор, при наявності необхідних умов, підтримує роботу двигуна внутрішнього згоряння, що може бути корисним для підвищення ефективності теплового двигуна або для подолання деяких ситуацій.

Також реалізовані функції «Старт-стоп» та рекуперації, які описані в попередніх схемах.

Введене роздільне зчеплення між двигуном внутрішнього згоряння та електродвигуном-генератором дозволяє відокремити обидві системи. Двигун внутрішнього згоряння активується лише за необхідності.

Ця концепція дозволяє оптимально використовувати переваги електричного приводу та приводу від ДВЗ, сприяючи покращенню ефективності та екологічності транспортного засобу. Схема такого гібриду зображена на рис 4.

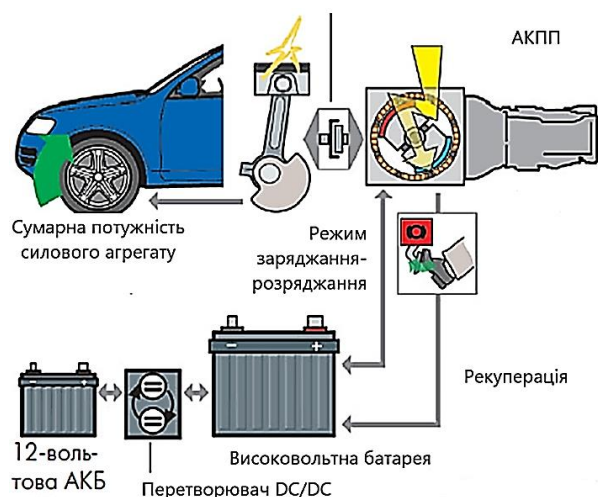


Рис. 4. Схема повногібридного силового агрегату [3]

В наш час найбільш поширеними є системи повних гібридних силових агрегатів, які, в свою чергу, розподіляються на три підгрупи. Вони визначаються різними конфігураціями та залежать від того, як електричний привід та ДВЗ взаємодіють між собою для забезпечення оптимальної продуктивності та ресурсозбереження.

1. Паралельний гібридний силовий агрегат

Впровадження паралельного виконання гібридного силового агрегату (рис.5) відзначається своєю простотою і стає актуальним при потребі конвертувати існуючий автомобіль на базі ДВЗ. Основні компоненти, такі як двигун внутрішнього згоряння, електромотор-генератор і коробка передач, розташовуються на одній осі. Для цієї системи використовується один електродвигун-генератор. Загальна потужність системи визначається сумою потужностей двигуна внутрішнього згоряння та електродвигуна-генератора, що забезпечує високий рівень ефективності.

Ця концепція дозволяє здійснити гібридизацію, максимально використовуючи існуючі вузли та деталі автомобіля. Особливо важливо відзначи-

ти, що у повнопривідних автомобілях з такою схемою гібридного силового агрегату привід на всі чотири колеса реалізується за допомогою диференціала та роздаткової коробки, що сприяє збереженню стабільності та динамічності руху.

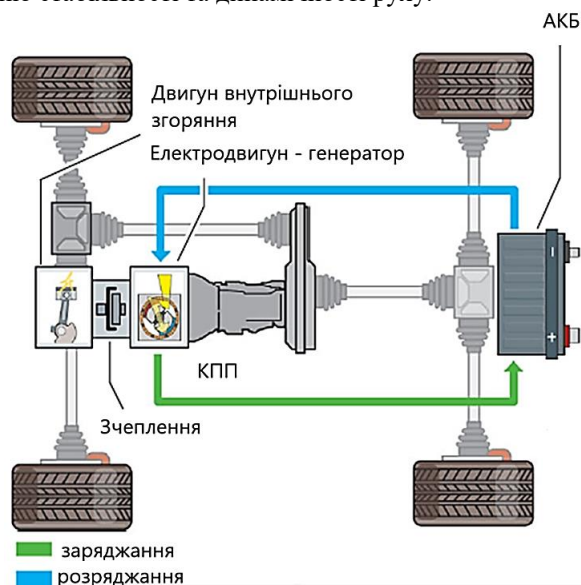


Рис. 5. Схема паралельного гібридного силового агрегату [3]

2. Розділений гібридний привід

В системі розділеного гібридного приводу (рис.6) відзначається наявність двох двигунів: двигуна внутрішнього згоряння та електродвигуна-генератора, розташованих під капотом автомобіля. Ці двигуни спільно працюють, передаючи крутний момент через планетарну трансмісію на коробку передач. На відміну від паралельного гібридного приводу, в системі роздільного приводу неможливо просто відокремити та скомбінувати окремі потужності для приводу коліс.

Генерована потужність використовується для забезпечення руху автомобіля та накопичується у високовольтній батареї. Такий підхід дозволяє оптимально використовувати енергію та забезпечує можливість періодичного використання електричного приводу для зменшення витрат палива та екологічного впливу на навколишнє середовище.

Система роздільного гібридного приводу є ефективним рішенням для тих випадків, коли необхідно поєднати переваги обох видів двигунів, зберігаючи при цьому простоту конструкції та використовуючи енергію більш ефективно.

У даній концепції транспортного засобу наявні три основні компоненти: двигун внутрішнього згоряння, генератор та електродвигун-генератор. Однак основна особливість полягає в тому, що двигун внутрішнього згоряння не використовується

для приводу автомобіля напряму. Відмінною рисою є те, що його потужність не передається безпосередньо на колеса.

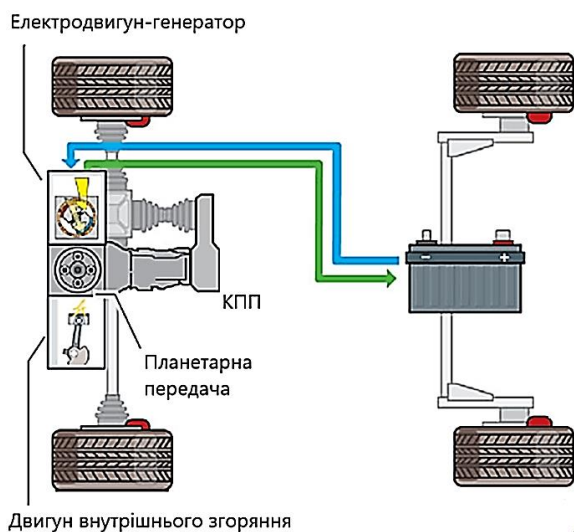


Рис. 6. Схема роздільного гібридного силового агрегату [3]

3. Послідовний гібридний силовий агрегат (рис.7)

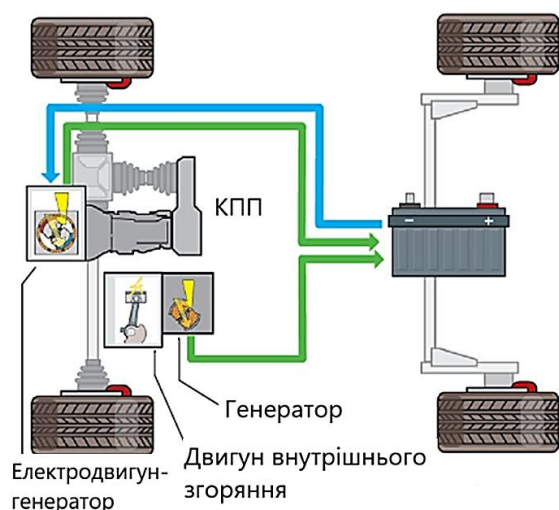


Рис. 7. Схема послідовного гібридного силового агрегату [3]

Основний привід автомобіля забезпечується електродвигуном-генератором. У випадку, якщо заряд високовольтної батареї стає надто низьким, система автомобіля запускає ДВЗ. Через генератор цей двигун знову забезпечує електроенергією високовольтну батарею. Таким чином, електродвигун-генератор може циклічно отримувати та віддавати енергію, забезпечуючи ефективний рух авто-

мобіля та підтримуючи рівень заряду високовольтної батареї. Ця концепція розвиває ідею ефективного використання різних джерел енергії, дозволяючи оптимально комбінувати ДВЗ та електродвигун для забезпечення плавного та високоефективного руху транспортного засобу.

4. Роздільний послідовний гібридний силовий агрегат

У концепції роздільного послідовного гібридного силового агрегату (рис.8) автомобіль оснащений одним двигуном внутрішнього згоряння та двома електродвигунами-генераторами. Перший електродвигун-генератор та двигун внутрішнього згоряння розташовані під капотом, в той час як другий електродвигун-генератор розташований на задній осі.

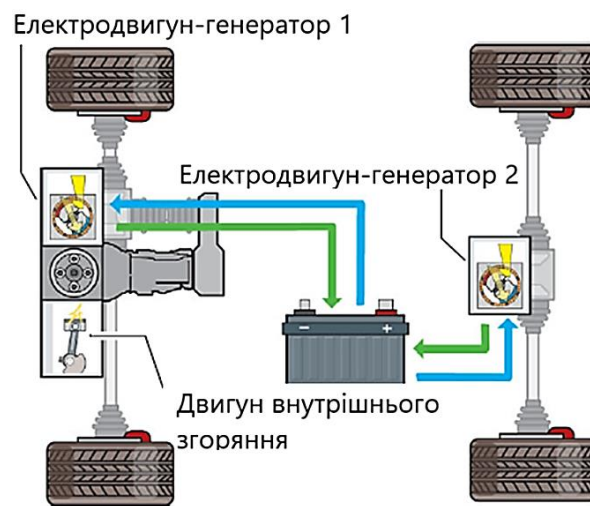


Рис. 8. Схема роздільного послідовного гібридного силового агрегату [3]

Ця концепція особливо підходить для повнопривідних транспортних засобів, де двигун внутрішнього згоряння та перший електродвигун можуть приводити коробку передач. Проте, важливо зазначити, що при такому приводі окремі потужності не можуть просто об'єднуватися для приводу коліс у вигляді загальної потужності.

Другий електродвигун-генератор на задній осі активується за потреби, що дозволяє оптимально використовувати електричний привід при необхідності, наприклад, під час руху з низькою швидкістю або в умовах підвищеного навантаження. Завдяки такому конструктивному рішення високовольтна батарея розташована між передньою та задньою віссю автомобіля, що сприяє рівномірному розподілу ваги та поліпшує динаміку руху.

Аналіз технічних особливостей гібридних силових установок

Конструкція гібридного автомобіля включає кілька ключових компонентів і систем, які співпрацюють для забезпечення оптимального функціонування автомобіля. Основними елементами гібридних силових установок є – двигун внутрішнього згоряння, електродвигун, високовольтна батарея.

Варто відзначити, що найбільшої популярності набули літій-іонні високовольтні батареї (табл.1) оскільки вони мають ряд переваг відносно інших типів батарей: забезпечують високу ефективність, низьку вагу, довгий термін служби та швидку заря-

дку.

Переважно на всіх гібридних автомобілях (табл. 1) використовуються трифазний синхронний електродвигун з постійними магнітами, який має велику потужність, ефективність, низьку вагу та габаритний об'єм.

В гібридних ТЗ переважно застосовують двигуни внутрішнього згоряння, які працюють за циклом Аткинсона. Це обумовлено тим, що він характеризується високою тепловою ефективністю, що в свою чергу, дозволяє знизити рівень викидів CO₂ та інших шкідливих речовин.

Таблиця 1. Характеристики сучасних гібридних автомобілів

Модель автомобіля	Схема	ДВЗ		Високовольтна батарея		Електродвигун	
		Об'єм	Потужність	Ємність	Тип	Крутний момент	Потужність
Nissan Rogue	Послідовна	2 л	104 кВт	30 кВт·год	літій-іонний	160 Н·м	30 кВт
Chevrolet Volt		1,5 л	75 кВт	18,4 кВт·год	літій-іонний	398 Н·м	111 кВт
Ford Fusion	Паралельно-послідовна	2 л	104 кВт	1,4 кВт·год	літій-іонний	240 Н·м	88 кВт
Toyota Prius		1,8 л	73 кВт	1,3 кВт·год	літій-іонний	163 Н·м	53 кВт
Honda Accord	Паралельна	2 л	107 кВт	1,3 кВт·год	літій-іонний	315 Н·м	135 кВт
Hyundai Kona		1,6 л	77 кВт	1,56 кВт·год	літій-іонний	170 Н·м	32 кВт

Аналіз викидів CO₂ в атмосферу, які генеруються різними типами силових приводів

Процес виробництва електричних автомобілів став предметом значної уваги через його вплив на довкілля. Важливо враховувати, що при виробництві електромобілів у середньому викидається в 1,5–2 рази більше CO₂ порівняно з автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння [4]. Головним фактором цього є процеси, пов'язані з виготовленням високовольтних батарей, які є основним джерелом живлення для електричних автомобілів.

Високовольтні батареї складаються з різних матеріалів, таких як нікель, кобальт, графіт та марганець, виробництво яких супроводжується значною кількістю викидів CO₂ під час видобутку та обробки цих металів. Наприклад, використання нікелю та кобальту у батареях є ключовими, але їх видобуток та обробка мають серйозний екологічний відбиток. Також важливо враховувати енергетичні затрати, пов'язані з високотемпературними процесами виготовлення анодно-катодних матеріалів, які використовуються у батареях.

Однак, коли мова йде про електромобілі, необхідно також враховувати процес виробництва

електроенергії, яка використовується для їхнього заряджання. Регіональні особливості виробництва електроенергії грають значну роль у визначенні екологічного впливу на навколишнє середовище електромобілів. Наприклад, якщо електроенергія виробляється з вугілля, викиди CO₂ будуть значно вищими порівняно з тим, коли вона генерується з відновлювальних джерел енергії, таких як вітроенергія або сонячна енергія. Тобто екологічний вплив електричних автомобілів не обмежується лише викидами під час експлуатації, але також включає у себе всі етапи їхнього життєвого циклу, від виробництва до використання електроенергії для заряджання.

Якщо проаналізувати джерела енергії в Україні у 2022 році (рис. 9 [5]) то можна побачити, що більшу частку складає атомна енергетика. На світовому енергетичному ринку також відзначається тенденція до значної участі атомної енергетики у виробництві електроенергії, що є позитивним з точки зору екології через низький рівень викидів CO₂. Проте, більша частина електроенергії продовжує вироблятися на теплоелектростанціях, які використовують вугілля, газ або нафту, що спри-

чиняє великі викиди CO₂ на кіловат виробленої електроенергії. За 2022 рік цей показник у світі становив 456 грамів CO₂ на кіловат-годину виробленої електроенергії (рис.10).

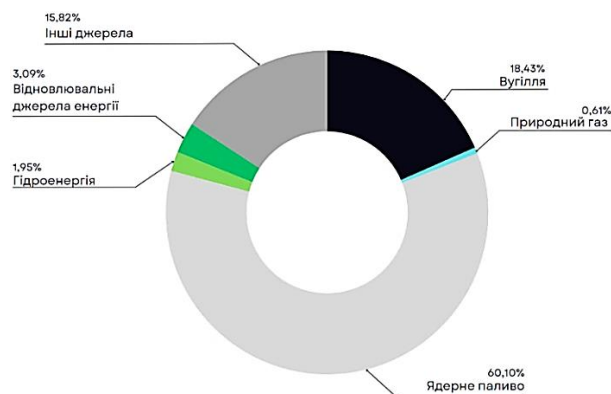


Рис. 9. Розподіл виробництва електроенергії в Україні в 2022 році

Опираючись на ці дані можна провести елементарний розрахунок викидів CO₂ електромобіля в г/км та порівняти його з автомобілем тієї ж моделі тільки з традиційною силовою установкою і з гібридним силовим приводом.

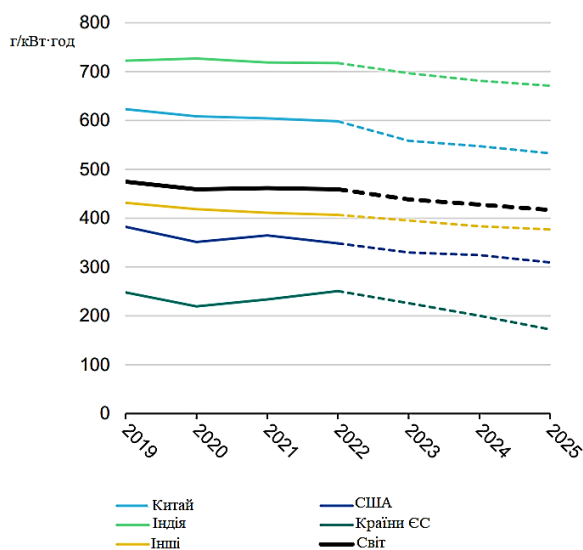


Рис. 10. Викиди CO₂ при генерації електроенергії, г/кВт·год [6]

Наприклад, автомобілю Volkswagen e-Golf, за паспортними даними, заряду високовольтної батареї (ВВБ) потужністю 24 кВт·год вистачає на 120 км пробігу. Врахувавши втрати при заряджанні ВВБ потрібно використати 30 кВт електроенергії. Враховуючи середні викиди CO₂ при генерації енергії в світі маємо, що при повній зарядці ВВБ викиди від «зеленого» автомобіля складуть 13680 г CO₂ на 120 км пробігу. Звідси маємо, що Volkswagen e-

Golf має показники викидів CO₂ на рівні 114 г/км. В той час, як у бензинового автомобіля Volkswagen Golf 7 покоління цей показник - 124 г/км, у гібридного автомобіля Toyota Prius - 76 г/км (за паспортними даними) (рис.11) [7].

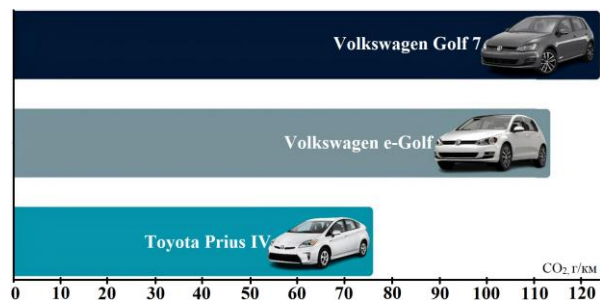


Рис. 11. Порівняння викидів CO₂ автомобілів з різним силовим приводом

Як бачимо, електромобіль не такий вже і екологічний навіть, якщо не враховувати викиди при виробництві ВВБ, по екологічності він поступається автомобілю із гібридною силовою установкою та наближається по цьому показнику до транспортного засобу із традиційним силовим приводом.

Таким чином, при аналізі впливу ТЗ на навколишнє середовище, важливо враховувати не тільки прямі викиди від транспортних засобів, але і вплив виробництва високовольтних батарей та електроенергії, щоб приймати зважені рішення.

Висновки

1. Проведено аналіз переваг та недоліків силових установок транспортних засобів, розглянуто розвиток та сучасні типи гібридних силових установок, що використовуються на транспорті.

2. Результати дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до оцінки екологічного впливу різних типів транспортних засобів, включаючи виробництво транспортних засобів, їх експлуатацію та утилізацію.

3. Зменшення впливу на довкілля можливе через впровадження технологій, які поєднують переваги різних типів приводів, таких як гібридні та електричні автомобілі. Однак для досягнення максимального екологічного ефекту необхідні значні зміни в інфраструктурі та виробничих процесах. Також важливо враховувати, що вплив на довкілля залежить від джерел енергії, які використовуються для виробництва та експлуатації транспортних засобів.

Список літератури:

1. Ehsani M. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles / M. Ehsani, Y. Gao, S. Gay, A. Emadi. – CRC Press: USA, 2005. – 424 p. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420037739>.
2. Основи елек-

тричних приводів автомобілів. Улаштування та принцип дії: Програма самонавчання 499. – Volkswagen AG, 2011. – 68 с. 3. Touareg з гібридним силовим приводом. Улаштування та принцип дії: Програма самонавчання 450. – Volkswagen AG, 2011. – 79 с. 4. Екологічність електромо- білів: міфи і реальність. – URL: <https://oncharger.com.ua/ua/n322336-ekologichnost-elektromobilej-mify.html>. 5. Інформація щодо частки кожного джерела енергії, яка була використана у загальній структурі балансу купленої електричної енергії за 2022 рік. РОЕК. URL: <https://www.ez.rv.ua/informatsiya-shhodo-chastky-kozhnogo-dzherela-energiyi-yaka-bula-vykorystana-u-zagalnij-strukturi-balansu-kuplenoyi-elektrychnoyi-energiyi-za-2022-rik/> (дата звернення: 01.02.2024). 6. Electricity Market Report 2023. – Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/255e9c8a-da84-4681-8c1f-458ca1a3d9ca/ElectricityMarketReport2023.pdf>. 7. Toyota Prius (XW50) 1.8 Hybrid specs, dimensions. Technical specs, dimensions, fuel consumption of cars. – Available at: [https://www.ultimatespecs.com/carspecs/Toyota/111218/Toyota-Prius\(XW50\)-18-Hybrid.html](https://www.ultimatespecs.com/carspecs/Toyota/111218/Toyota-Prius(XW50)-18-Hybrid.html).

Bibliography (transliterated):

1. Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S., Emadi, A. (2005), *Modern Electric,*

Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicels, CRC Press: USA, 424 p. 2. Volkswagen AG (2011), “Basics of electric drives of cars. Arrangement and principle of action”, *Self-study program 499 [Os-novu elektrychnykh pryvodiv avtomobiliv. Ulashtuvannya ta pryntsyyp diyi, Prohrama samonavchannya 499]*, 68 p. 3. Volkswagen AG (2011), “Touareg with a hybrid power drive. Arrangement and principle of action”, *Self-study program 450 [Touareg z hibrydnym sylovym pryvodom. Ulashtuvannya ta pryntsyyp diyi, Prohrama samonavchannya 450]*, 79 p. 4. (2022) “Environmental friendliness of electric cars: myths and reality” [Ekolohichnist' elektromobiliv: mify i real'nist']. Available at: <https://oncharger.com.ua/ua/n322336-ekologichnost-elektromobilej-mify.html> 5. (2023). “Information on the share of each energy source that was used in the overall structure of the balance of purchased electric energy for 2022”, RREC [Informatsiya shhodo chastky kozhnogo dzherela enerhiyi, yaka bula vykorystana u zahal'niy strukturi balansu kuplenoyi elektrychnoyi enerhiyi za 2022 rik, ROEK]. Available at: <https://www.ez.rv.ua/informatsiya-shhodo-chastky-kozhnogo-dzherela-energiyi-yaka-bula-vykorystana-u-zagalnij-strukturi-balansu-kuplenoyi-elektrychnoyi-energiyi-za-2022-rik/> 6. (2023) Electricity Market Report 2023. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/255e9c8a-da84-4681-8c1f-458ca1a3d9ca/ElectricityMarketReport2023.pdf> 7. (2020) Toyota Prius (XW50) 1.8 Hybrid specs, dimensions. Technical specs, dimensions, fuel consumption of cars. Available at: [https://www.ultimatespecs.com/carspecs/Toyota/111218/Toyota-Prius\(XW50\)-18-Hybrid.html](https://www.ultimatespecs.com/carspecs/Toyota/111218/Toyota-Prius(XW50)-18-Hybrid.html)

Надійшла до редакції 24.06.2024 р.

Кравченко Сергій Сергійович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри «Двигуни та гібридні енергетичні установки» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: Serhii.Kravchenko@khpri.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3250-8645>.

Чучуменко Богдан Сергійович – аспірант кафедри «Двигуни та гібридні енергетичні установки» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: Bohdan.Chuchumenko@ieee.khpri.edu.ua.

Таланін Дмитро Сергійович – PhD, викладач кафедри «Автомобілі» Харківського автотранспортного фахового коледжу, м. Харків, Україна, e-mail: dima.kharkiv75@ukr.net.

ANALYSIS OF TYPES OF VEHICLE POWER PLANTS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

S. Kravchenko, B. Chuchumenko, D. Talanin

This paper analyzes the advantages and disadvantages of vehicle power plants, examines the development and modern types of hybrid power plants used in transport. An analysis of carbon dioxide (CO₂) emissions into the atmosphere from vehicles equipped with different types of powertrains, including internal combustion engines (ICE), hybrid drives, and electric motors, was performed. Studies have been conducted of emissions that occur during the operation of vehicles, as well as emissions associated with the production of high-voltage batteries for electric vehicles and the production of electricity required for their charging. It was concluded that electric vehicles, despite their popularity as environmentally friendly vehicles, can have a significant impact on the environment. This is due to high CO₂ emissions during the production of batteries, which are a key component of electric vehicles. The production of these batteries requires significant energy costs and the use of various materials, the extraction and processing of which also lead to greenhouse gas emissions. In addition, the environmental impact of electric vehicles largely depends on the sources of electricity used to charge them. When electricity is generated from fossil fuels such as coal or natural gas, overall CO₂ emissions can be significantly higher, reducing the environmental advantage of electric vehicles over internal combustion engines. On the other hand, the use of renewable energy sources, such as solar or wind energy, to charge electric vehicles significantly reduces CO₂ emissions into the atmosphere. The work also considers hybrid vehicles that combine an internal combustion engine and an electric motor. Such cars usually have lower CO₂ emissions during operation compared to traditional diesel vehicles, but their environmental impact also depends on the production and disposal of batteries. To make informed decisions about the choice of powertrain and the development of transport infrastructure, all aspects must be taken into account, including the production of vehicles, their operation and disposal. It is also important to develop technologies to reduce emissions and increase energy efficiency at all stages of a vehicle's life cycle. The work concluded that to reduce the overall impact of vehicles on the environment, it is necessary not only to develop electric vehicles, but also to combine the advantages of internal combustion engines and electric motors (develop a hybrid drive), improve battery production technologies, expand the use of renewable energy sources, and implement other measures to reduce CO₂ emissions.

Key words: ecology; carbon dioxide; engine; electric motor; hybrid power plant; electricity; generation; high-voltage battery.