

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АТ-60.00.00.000 ПЗ

Група АТм-24-1

Владислав ЛИЛИК

2025

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Лилик Владислав Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 653.13.07
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: Дослідження паливної економічності гібридного
автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV в умовах станції технічного
обслуговування
(назва роботи)

Автомобільний транспорт
(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

В.Р. Лилик
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Козак Федір Васильович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Криштопа С.І.
(підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Консультанти по магістерській роботі із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Прунько І.Б.		

7. Дата видачі завдання 28.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	4.1 ВСТУП.	01.12.2025 р.	
2	4.2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.	05.12.2025 р.	
3	4.3 АНАЛІТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV.	08.12.2025 р.	
4	4.4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV.	11.12.2025 р.	
5	4.5 ВИСНОВКИ. 4.6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	15.12.2025 р.	
6	4.7 ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.	19.12.2025 р.	
7	ГОТОВНІСТЬ РОБОТИ ДО ПОПЕРЕДНЬОГО ЗАХИСТУ.	19.12.2025 р.	

Студент Владислав ЛИЛИК
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

Керівник Федір КОЗАК
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі мною виконано дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV в умовах станції технічного обслуговування.

В першому розділі на основі аналізу літературних джерел нами встановлено, що гібридні автомобілі покращують економію палива та зменшують кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. Згідно досліджень літературних джерел основним критерієм класифікації гібридних автомобілів є принципова схема, від якої залежить їх компоновка.

У другому розділі роботи наведені аналітичні основи дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, а саме загальна будова та технічна характеристика автомобіля, методологія дослідження паливної економічності гібридного автомобіля за допомогою їздового циклу.

Результати дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV наведено у третьому розділі. З результатів досліджень, для забезпечення економічності, схема роботи гібрида Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л має використовувати електродвигун тільки на низьких і середніх навантаженнях міського та магістрального циклів.

За додаткової вартості гібридної силової установки 160000 грн і за економії 62554,71 грн на паливі в рік термін її окупності становить 2 роки та 6 місяців.

Ключові слова: автомобіль, схема, гібридна установка, експлуатація, економія, використання, окупність.

ABSTRACT

In my master's thesis, I conducted a study of the fuel efficiency of the Mitsubishi Outlander PHEV hybrid car in a service station.

In the first section, based on the analysis of literary sources, we found that hybrid cars improve fuel economy and reduce the amount of pollutants emitted into the atmosphere. According to the research of literary sources, the main criterion for classifying hybrid cars is the schematic diagram, on which their layout depends.

In the second section of the work, the analytical foundations of the study of the fuel efficiency of the Mitsubishi Outlander PHEV hybrid car are presented, namely the general structure and technical characteristics of the car, the methodology for studying the fuel efficiency of a hybrid car using a driving cycle.

The results of the study of the fuel efficiency of the Mitsubishi Outlander PHEV hybrid car are presented in the third section. From the results of the research, to ensure efficiency, the scheme of operation of the Mitsubishi Outlander PHEV 2.4 l hybrid should use the electric motor only at low and medium loads of the urban and highway cycles.

With an additional cost of a hybrid power plant of 160,000 UAH and savings of 62,554.71 UAH on fuel per year, its payback period is 2 years and 6 months.

Keywords: car, scheme, hybrid plant, operation, savings, use, payback.

ABSTRAKT

In meiner Masterarbeit untersuchte ich die Kraftstoffeffizienz des Mitsubishi Outlander PHEV Hybridfahrzeugs an einer Tankstelle.

Im ersten Teil der Arbeit wurde anhand der Literaturrecherche festgestellt, dass Hybridfahrzeuge den Kraftstoffverbrauch senken und die Schadstoffemissionen reduzieren. Laut Literaturrecherche ist das Hauptkriterium für die Klassifizierung von Hybridfahrzeugen deren Schaltplan, der deren Anordnung bestimmt.

Im zweiten Teil werden die analytischen Grundlagen der Untersuchung zur Kraftstoffeffizienz des Mitsubishi Outlander PHEV Hybridfahrzeugs vorgestellt, insbesondere die allgemeine Struktur und die technischen Merkmale des Fahrzeugs sowie die Methodik zur Untersuchung der Kraftstoffeffizienz anhand eines Fahrzyklus.

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Kraftstoffeffizienz des Mitsubishi Outlander PHEV Hybridfahrzeugs werden im dritten Teil präsentiert. Die Ergebnisse zeigen, dass der Mitsubishi Outlander PHEV 2.4 l Hybrid im Stadt- und Autobahnverkehr den Elektromotor nur bei niedriger und mittlerer Last nutzen sollte, um eine optimale Effizienz zu gewährleisten.

Bei zusätzlichen Kosten von 160.000 UAH für das Hybridkraftwerk und jährlichen Kraftstoffkosteneinsparungen von 62.554,71 UAH amortisiert sich die Investition in 2 Jahren und 6 Monaten.

Schlüsselwörter: Auto, Konzept, Hybridkraftwerk, Betrieb, Einsparungen, Nutzung, Amortisation

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Поняття гібридний автомобіль.....	9
1.2 Перспективи розвитку електромобілів та гібридних автомобілів.....	11
1.3 Типи гібридних автомобілів.....	14
2 АНАЛІТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV.....	27
2.1 Загальна будова та технічна характеристика автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.....	27
2.2 Методологія дослідження паливної економічності гібридного автомобіля за допомогою їздового циклу.....	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV.....	33
3.1 Аналітичні дослідження паливної економічності на основі аналізу ЗШХ Mitsubishi Outlander PHEV.....	33
3.2 Експлуатаційні дослідження паливної економічності автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.....	41
3.3 Розрахунок економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.....	46
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.....	56

					MP.AT-60.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лилик В.Р.			ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Козак Ф.В.				6	76	
Реценз.						ІФНТУНГ, АТм-24-1		
Н. контр.		Прунько І.Б.						
Затверд.		Криштопа С.І.						

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні людство починає усвідомлювати переваги економії та екології. Дивлячись на статистичні дані у світі, ми можемо побачити тенденцію до зростання кількості гібридних та електричних автомобілів.

Перевагою електромобіля є те, що він дозволяє економно подолати ту саму відстань, ніж гібридний автомобіль, однак електромобіль має недолік – через обмежену ємність його тягових акумуляторів неможливо подолати великі відстані.

Гібридний автомобіль може долати великі відстані, оскільки він може живитися від двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), електродвигуна або обох.

Перевагою гібридного автомобіля є рекуперативне гальмування. Під час цього процесу частина енергії, необхідної для гальмування, регенерується в тяговий акумулятор. Рекуперована енергія може використовуватися для обертання електродвигуна.

Гібрид, порівняно зі звичайним автомобілем з ДВЗ, може споживати на 10-100 % менше палива, залежно від технологічного рівня гібридного автомобіля та режиму водіння.

Для тих, хто прагне економії, важлива кількість енергії, регенерованої під час гальмування. Фундаментальна проблема полягає в тому, з якою швидкістю гальмувати автомобіль, щоб рекуперувати максимальну кількість енергії в акумулятор.

Розглянута проблема ставить питання: з якою швидкістю гібридний автомобіль рекуперуватиме максимальну кількість енергії в тяговий акумулятор під час гальмування.

Об'єктом дослідження є гібридний автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є гібридна силова установка автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, що працює на різних режимах роботи.

Метою роботи є дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Завдання роботи:

1. Розглянути структуру гібридних автомобілів, їх типи та компоненти, що використовуються в них.

2. Провести реальні експерименти з дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

3. Проаналізувати результати експериментів та визначити вплив умов експлуатації на паливну економічність автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підібрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, в тому числі досліджено паливну економічність гібридної силової установки автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, узагальнено та сформульовано висновки.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Поняття гібридний автомобіль.

Гібридний автомобіль – це транспортний засіб, який використовує ДВЗ та інтегровану систему накопичення енергії, що перезаряджається, для більш ефективного використання палива та не обмеження відстані до зарядної станції, як це роблять електромобілі, що використовують акумулятори та заряджаються зовнішніми зарядними пристроями [1].

Гібридний привід може складатися з:

- турбіни та електродвигуна;
- ДВЗ та гідравлічних машин або механічних акумуляторів енергії (наприклад, великих маховиків);
- ДВЗ та електродвигуна.

Легкові автомобілі зазвичай використовують комбінацію ДВЗ та електродвигунів. У гібридних автомобілях електродвигун допомагає ДВЗ працювати більш економічно.

Залежно від обраного режиму руху (натиснута педаль акселератора), транспортний засіб живиться від ДВЗ та/або електродвигуна. Електродвигун (далі – EV) підтримується тяговою батареєю малої ємності, що перезаряджається – під час руху в режимі EV (лише електричний) пройдена відстань становить близько 86 км (Mitsubishi Outlander PHEV).

Самі акумулятори Mitsubishi Outlander PHEV заряджаються за допомогою зарядного пристрою або рекуперативного гальмування під час гальмування автомобіля кінетична енергія його руху перетворюється на електричну енергію.

Корисність гібридного автомобіля проявляється в ситуаціях зупинки/старту, коли рекуперативне гальмування накопичує енергію, а VDV гасне під час зупинки. Як показано на рис. 1.1, найбільша кількість енергії

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

аеродинамічного опору та спеціально адаптованими шинами з низьким опором коченню для максимально ефективної економії енергії.

1.2 Перспективи розвитку електромобілів та гібридних автомобілів.

Ринок гібридних автомобілів в Україні демонструє стрімке зростання, і його перспективи оцінюються як позитивні. Попит на такі авто постійно збільшується, що зумовлено кількома ключовими факторами.

Стійке зростання продажів: кількість проданих гібридних автомобілів в Україні значно зростає: з близько 7 тисяч у 2021 році до понад 15 тисяч у 2023 році. У 2024 та 2025 роках зростання продовжилося, зокрема, у 2024 році кількість реєстрацій збільшилася на 39% порівняно з попереднім роком.

Фактори попиту: основними причинами зростання інтересу є зростаючі ціни на паливо, прагнення до паливної економічності та екологічної безпеки, а також розвиток технологій. На світовому рівні використання гібридних автомобілів стрімко зростає, і найбільший внесок у це роблять Японія, США та економічно сильні європейські країни.

Тенденції щодо кількості гібридних автомобілів проданих у світі та в окремих країнах ми можемо спостерігати на рис. 1.2.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

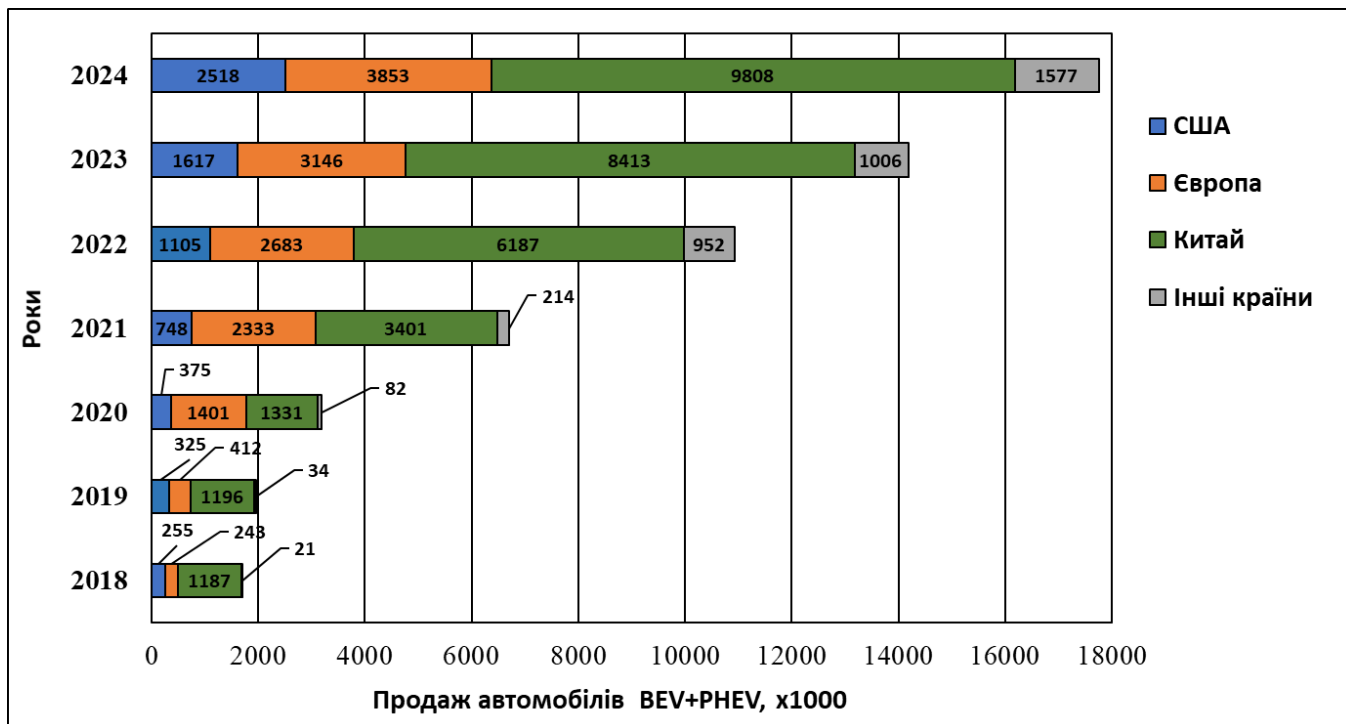


Рисунок 1.2 – Кількість проданих автомобілів BEV+PHEV

У 2024 році 17,8 мільйона світових продажів електромобілів та гібридів з часткою ринку 19,6% у світових продажах легкових автомобілів.

Продажі електромобілів та гібридів зростають на +25% на світовому ринку легкових автомобілів, який зростає на +1%.

Щодо Китаю, частка NEV на рівні 41% зі зростанням обсягів на 17% у річному обчисленні до 9,8 мільйона одиниць BEV та PHEV, що нижче, наприклад, очікувань СРСА, оскільки вони все ще очікують збільшення загальних продажів автомобілів. Провінції можуть стимулювати продажі автомобілів, щоб підтримати своїх місцевих виробників оригінального обладнання. Це включає автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, що уповільнює зростання частки електромобілів.

Щодо США та Канади разом, продажі BEV та PHEV зросли на +56%, що становитиме 13,8% від загального обсягу продажів легкових автомобілів. Закон про скорочення інфляції (IRA) стимулює зростання електромобілів у

США, після того, як будуть краще зрозумілі складні умови отримання грантів. BEV та PHEV, зібрані в США, Канаді та Мексиці, становили близько 77% від загального обсягу продажів PEV у США минулого року.

Скорочення субсидій та досягнута відповідність вимогам щодо викидів CO₂ сповільнюють зростання обсягів та частки електромобілів та гібридів у Європі порівняно з бумом 2020 та 2021 років. У 2024 році продажі електромобілів та гібридів у Європі зросли на 22% порівняно з 2023 роком, оскільки скорочення субсидій на електромобілі буде завершено в багатьох країнах, а щорічна економія на податках порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння залишиться незмінною. Виробники виключно електромобілів побачать високе зростання, оскільки багато традиційних виробників оригінального обладнання надають пріоритет прибутку, а не максимізації продажів.

Кількість електромобілів, що експлуатуються у світі, досягла 40 мільйонів наприкінці 2023 року, враховуючи легкі транспортні засоби. З приблизно 1,5 мільярдами легких транспортних засобів, що експлуатуються, це все ще становить лише 2,7% світового автопарку та 1,9%, враховуючи лише електромобілі з підзарядкою (BEV).

Кількість легких транспортних засобів на дорогах світу щороку збільшується в середньому приблизно на 40 мільйонів одиниць, що дорівнює загальній кількості транспортних засобів у Великій Британії. Минулого року 10 мільйонів з цього приросту (25%) становили електромобілі з підзарядкою, а ще 30 мільйонів транспортних засобів (75%) все ще працюють на бензині або дизельному паливі.

У сценарії, що передбачає 100% продажів легкових автомобілів з нульовим рівнем викидів у світі до 2045 року (як приклад для математики), загальна кількість експлуатованих електромобілів (BEV) досягне 1,1 мільярда, тоді як загальна кількість транспортних засобів, що експлуатуються, досягне 2 мільярдів у 2045 році. Якщо припустити

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

нормальні показники утилізації, понад 55% парку будуть BEV у 2045 році, але сувора правда також полягає в тому, що понад 40% транспортних засобів, що експлуатуються, все ще потребують спалювання палива.

1.3 Типи гібридних автомобілів.

Гібридні автомобілі можна класифікувати за різними ознаками. Зазвичай їх класифікують за рівнем використовуваних технологій та конфігурацією передач.

Гібридні автомобілі, враховуючи складність та рівень використовуваних технологій, класифікуються як:

- «Мікро» гібридні автомобілі; «Мікро» або гібриди «старт/стоп» не вважаються справжніми гібридними автомобілями, оскільки вони не живляться безпосередньо від електродвигуна.

Зазвичай вони мають відносно невеликий електродвигун, який не обертає колеса безпосередньо, але має достатню потужність для майже миттєвого перезапуску двигуна. Завдяки технології «старт/стоп» система відключення двигуна може автоматично вимикатися, коли автомобіль стоїть на місці (наприклад, чекає на зелене світло на перехресті), і знову починати працювати, як тільки водій натискає педаль акселератора (у цьому випадку водієві не потрібно повертати ключ запалювання або навіть знати, що двигун не працює).

Мікрогібриди зазвичай економлять близько 10-20% палива, але мають перевагу у відносній дешевизні [3].

Мікрогібриди використовують електродвигун як додаткове джерело живлення, який діє як турбокомпресор. Замість використання більшої кількості палива під час розгону, електромобіль використовується для забезпечення додаткової потужності. Porsche 918 Spyder є представником цього типу автомобілів.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- Автомобілі з м'яким гібридом; М'які гібриди мають функцію старт/стоп, коли електромобіль використовується для запуску з місця. Цей тип гібридної системи керування може житися як від електромобіля, так і від електродвигуна одночасно. Електродвигун недостатньо потужний, щоб рухати автомобіль, але він виконує частину необхідної для цього роботи. Ці гібриди також використовують систему рекуперативного гальмування, яка перетворює частину енергії, необхідної для гальмування, на електричну енергію, яка використовується для заряджання акумуляторів. М'які гібриди зменшують витрату палива та викиди CO₂ на 25% порівняно зі звичайним транспортним засобом [4].

- «Повні» гібридні автомобілі; Класичним прикладом є Toyota Prius або будь-який інший автомобіль із запатентованою технологією Hybrid Synergy Drive від Toyota. Наразі багато виробників автомобілів пропонують на ринку автомобілі з цією технологією. Повні гібриди набагато ефективніші, ніж бензинові або дизельні автомобілі, оскільки вони автоматично вибирають між послідовним, паралельним або повністю електричним режимами роботи. Коротше кажучи, електродвигун обертає ведучі колеса через трансмісію, тоді як електромобіль забезпечує живлення генератора. Коли повна потужність не потрібна, електродвигун діє як генератор і заряджає акумулятори. Акумулятори також заряджаються під час рекуперативного гальмування. В умовах руху, які вимагають частого гальмування або низьких швидкостей, тобто коли електромобіль найменш економічний, він вимикається, і починає працювати електродвигун. Автомобіль може житися лише від електромобіля, лише від електромобіля або від обох.

Система Toyota, яка ліцензована для використання в гібриді Ford Escape, використовує пристрій «розподілу потужності», який передає частину потужності бензинового двигуна безпосередньо на колеса, а частину – на генератор. Генератор обертає електромобіль, який потім передає свою потужність на колеса. Система складна, але вона досягає високої

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ефективності, дозволяючи двигуну працювати економічно в будь-який час. Подібна система використовується в повнопривідному Lexus RX400h, але вона має два електродвигуни: один для передніх коліс, інший для задніх.

- Гібридні автомобілі з підзарядкою від мережі; Гібриди з підзарядкою від мережі мають усі характеристики гібридів типу «Full», але мають тяговий акумулятор більшої ємності, який можна заряджати від електричної мережі. Згідно з міжнародними стандартами IEEEE, автомобіль класифікується як гібрид з підзарядкою від мережі, якщо відстань, пройдена лише на електромережі, становить щонайменше 16 кілометрів. Такий автомобіль дозволяє їздити по місту лише на електроенергії. Використовуючи лише електродвигун, Toyota Prius (Plug-in), Ford C-Max Energi, Mitsubishi Outlander PHEV (рис. 1.3) можуть подолати 16-80 км [1].

Залежно від рівня технології гібридних автомобілів, існують різні схеми компонування передач. Розглянемо технологічні схеми в гібридних автомобілях різних рівнів.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV

						MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

Глобальний продаж електромобілів, які включають електромобілі з акумуляторними батареями (BEV) і гібридні транспортні засоби (PHEV) перевищив позначку в 5 мільйонів у 2024 році, а співвідношення між BEV і PHEV стає все більшим вагомих [3-12].

Ефективність перетворення енергії від свердловини до колеса (WTW) є мірою загальної ефективності використання автомобіля від видобутку сирового палива до коліс, включаючи ефективність перетворення енергії, транспорт і доставка на кожному етапі. Паливо можна видобути з землі чи моря або отримати з відновлюване джерело; транспортування може здійснюватися наземним або морським чи електричними лініями електропередачі; і перетворення енергії може відбуватися за допомогою теплових двигунів, електричних машин або електрохімічні пристрої рис. 1.4 [13-25].

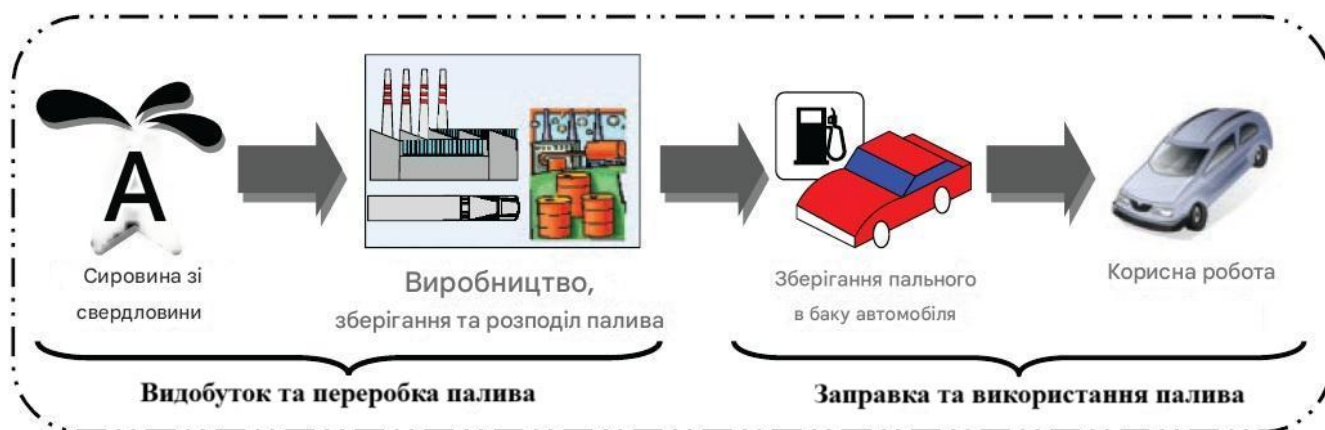


Рисунок 1.5 – Процеси, що беруть участь у розрахунку ефективності використання палива

Шлях транспортування та перетворення енергії можна розділити на два сегменти від свердловини до резервуара (WTT) і від цистерни до колеса (TTW). Виробляється паливо для транспорту від енергетичної сировини в свердловинах через різні шляхи виробництва палива. Зберігається паливо у

транспортному засобі обробляється для передачі рушійної сили на колеса. Сегмент WTT включає стадії, пов'язані з сировиною (відновлення, переробка, транспортування та зберігання) та стадії, пов'язані з паливом (виробництво, транспортування, зберігання та розподіл). Сегмент TTW містить перетворення енергії та етапи доставки від цистерни до коліс автомобіля.

Ефективність WTW є важливим фактором для оцінки загального впливу та екологічні наслідки альтернативних транспортних засобів, таких як EV, HEV, PHEV та FCEV.

Аналіз WTW також забезпечує рівну основу для порівняння альтернативних транспортних засобів зі звичайними ДВЗ.

Приклад порівняння ефективності на основі процесів пов'язаних з WTW задіяних в EV та ICEV. Повний процес енергоспоживання електромобіля можна розбити на складові етапи, що включають виробництво, передачу та використання енергії, як показано на рис. 1.6. Первинна енергія від джерела подається в систему тільки на першому етапі, хоча вторинна енергія може додаватися на кожному етапі. Кожна стадія має свою ефективність, що базується на загальному обсязі вхідної енергії на цій стадії та вихідної енергії на виході на наступному ступені. Коефіцієнт корисної дії кожного каскаду повинен розраховуватися на основі співвідношення вхідної та вихідної потужності, хоча ефективність може широко варіюватися в залежності від технології, що використовується.

Вхідна потужність живлення P_{IN} будь-якого транспортного засобу в кінцевому підсумку надходить від первинного джерела енергії ще до того, як вона потрапляє в бак транспортного засобу.

Енергія, яка доступна в транспортному засобі з бака або пристрою для зберігання енергії, є прикладною енергією, отриманою з вторинного джерела енергії. Прикладна або вторинна енергія отримується опосередковано з сировини.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Електроенергія, вироблена з сирої нафти і подана на електромобіль для зарядки акумулятора, є прикладом вторинної енергії. Сировинна або первинна енергія позначається як $P_{IN\ RAW}$, тоді як вторинна енергія позначається як $P_{IN\ PROCESS}$.

Нарешті, загальна ефективність може бути розрахована шляхом перемноження ефективності всіх окремих етапів. Загальна ефективність системи електромобілів, показана на рис. 1.5, виглядає наступним чином:

$$\eta_{EV} = \frac{P_0}{P_{IN}} = \frac{P_0}{P_0 + \sum_{i=1}^7 P_{LOSSi}} = \frac{P_0}{P_6} \frac{P_6}{P_5} \frac{P_5}{P_4} \frac{P_4}{P_3} \frac{P_3}{P_2} \frac{P_2}{P_1} \frac{P_1}{P_{IN}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 \eta_6 \eta_7$$

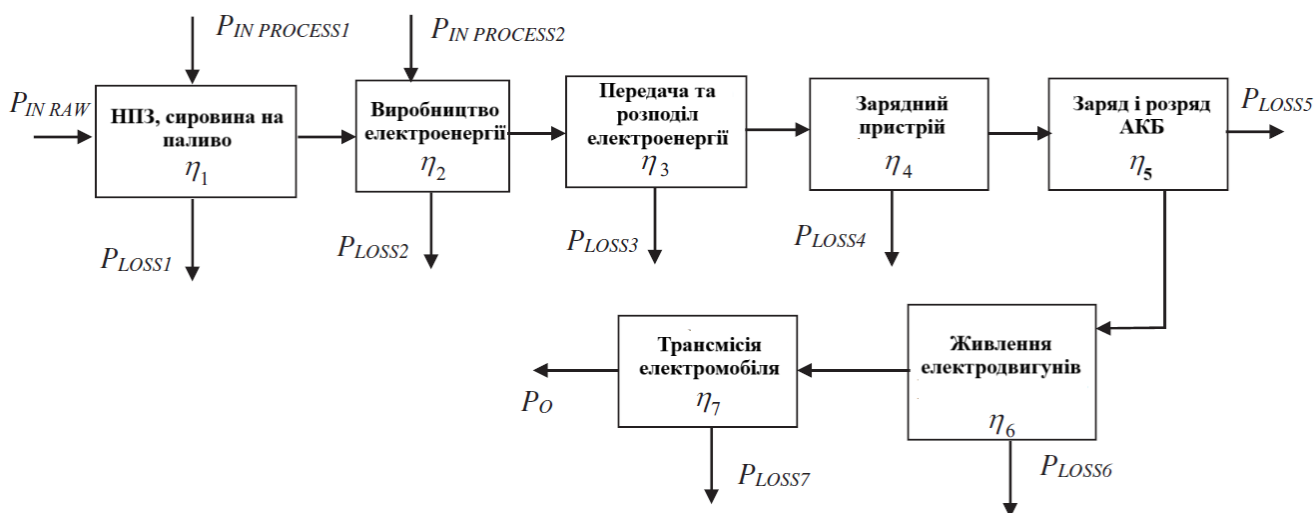


Рисунок 1.5 – Повний процес споживання енергії на електромобілях

Деталі процесу енергоспоживання автомобіля з ДВЗ проілюстровано на рис. 1.6. Процес починається з перетворення сирої нафти в мазут на нафтопереробному заводі, а потім включає передачу палива з нафтопереробного заводу на заправні станції, перетворення енергії в двигуні транспортного засобу. Ефективність процесів в ДВЗ є добутком ефективності окремих етапів, показаних на рис. 1.7, і визначається за формулою:

$$\eta_{ICEV} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4$$

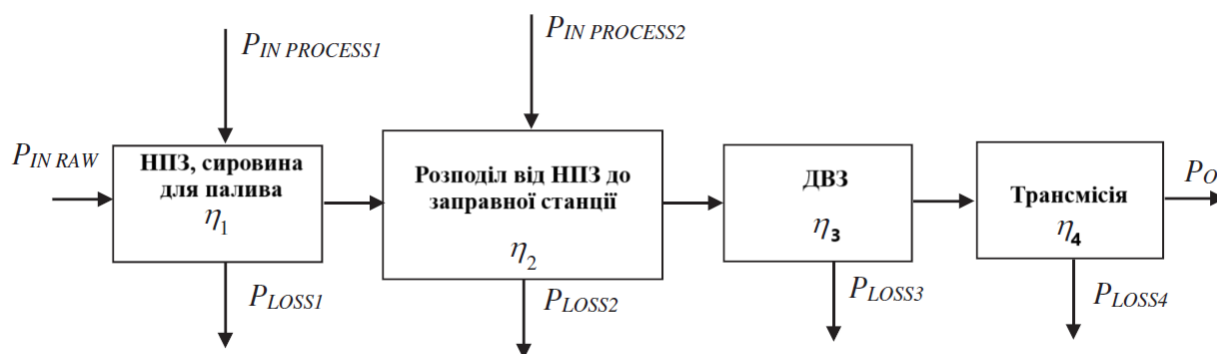


Рисунок 1.6 – Повний процес споживання енергії автомобіля з ДВЗ

Гібридні електромобілі мають двигун внутрішнього згоряння, тяговий електродвигун і акумуляторну батарею.

Електродвигуни мають три основні показники в своїх характеристиках рис. 1.8: ділянка постійного крутного моменту; ділянка постійної потужності; ділянка впливу природніх характеристик регіону.

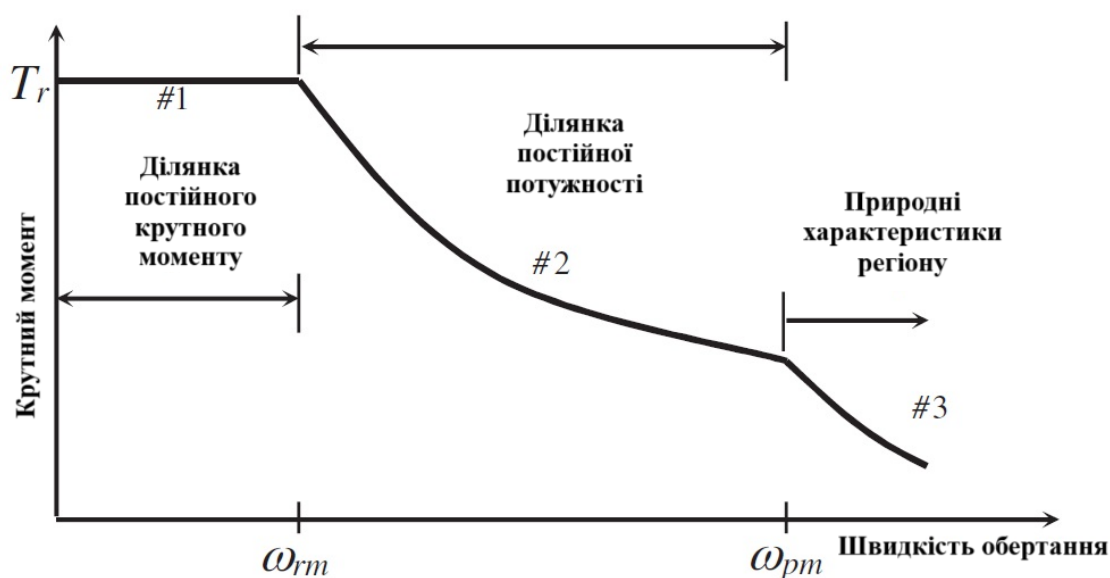


Рисунок 1.7 – Крива залежності зміни крутного моменту і швидкість обертання ротора електродвигуна

Залежність тягового зусилля від швидкості може сильно відрізнятись для двох передаточних чисел, як показано на рис. 1.8. Номінальні швидкості вказані для трансмісії агрегату, що складається з електродвигуна і трансмісії, і що номінальна швидкість електродвигуна швидкість електродвигуна відрізняється від цих значень. Швидкість електродвигуна можна спочатку перетворити на швидкість трансмісії або частоту обертання коліс транспортного засобу за допомогою передаточного числа, як показано вище. Номінальна частота обертання електродвигуна на колесі ω_{rm} , рад/с може бути перетворена в лінійну швидкість транспортного засобу після врахування передачі та радіуса колеса.

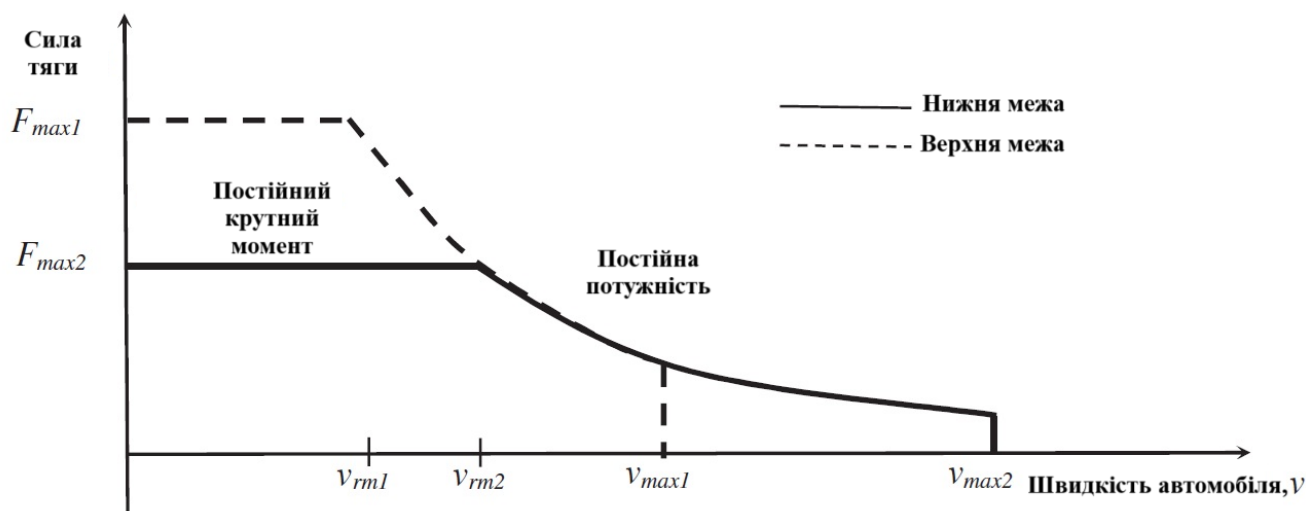


Рисунок 1.8 – Тягово-швидкісна характеристика електродвигуна автомобіля для двох передавальних чисел трансмісії

Отже, у загальному розумінні гібридний автомобіль – це автомобіль, силова установка якого складається з електродвигуна і двигуна внутрішнього згоряння, які так чи інакше спільними зусиллями обертають колеса.

Рекуперація – одна з основ усіх гібридних технологій і обов’язковий (але не завжди єдиний) спосіб зарядки батарей будь-якого гібрида. Суть її

полягає у перетворенні кінетичної енергії в електричну (замість теплової в звичайних автомобілях) і запасання останньої в тяговій АКБ. Цей процес стає можливим тоді, коли відбувається процес гальмування двигуном або сповільнення руху автомобіля. При цьому, колеса розкручують електродвигун-генератор, який виробляє електроенергію, що накопичується в АКБ. Завдяки в рази більшій ємності АКБ у порівнянні із мікро-гібридами, батареї plug-in гібридів можуть долати на електротязі без ДВЗ до 50 км. Але усереднений показник з урахуванням умов руху та різниці в технічних характеристиках – близько 25-30 км.

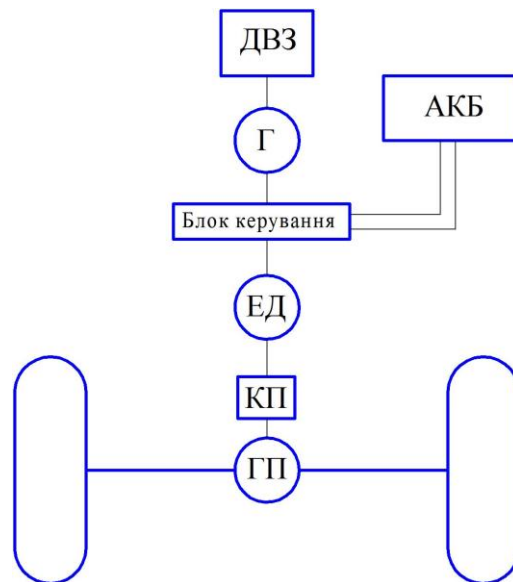
Менша ступінь електрифікації у повних та помірних гібридних автомобілів (HEV). Дані види гібридів не здатні заряджатися від мережі 220 В і поділяються на підвиди: це повні і так звані помірні (mild в англійській мові) гібриди.

Повні гібриди завдяки більшому об'єму батарей, більшій потужності електродвигуна здатні рухатися виключно на електротязі зазвичай в межах 2-4 км.

Всі гібриди також діляться на підвиди залежно від того, який двигун безпосередньо обертає колеса. За цим принципом існує другий основний критерій класифікації гібридних автомобілів – принципова схема, від якої залежить компоновка гібридних автомобілів. До схем компоновки гібридних автомобілів відносяться: паралельна, послідовна та змішана схема компоновання.

Послідовні гібриди (REEV) – ДВЗ не обертає колеса механічним способом, гібрид являє собою по суті електромобіль з бортовим генератором електрики, роль якого і виконує ДВЗ (рис. 1.9). Такі схеми гібридних автомобілів прийнято називати послідовними.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



ДВЗ – двигун внутрішнього згорання; Г – генератор; ЕД – електродвигун; КП – коробка передач; ГП – головна передача; АКБ – акумуляторна батарея

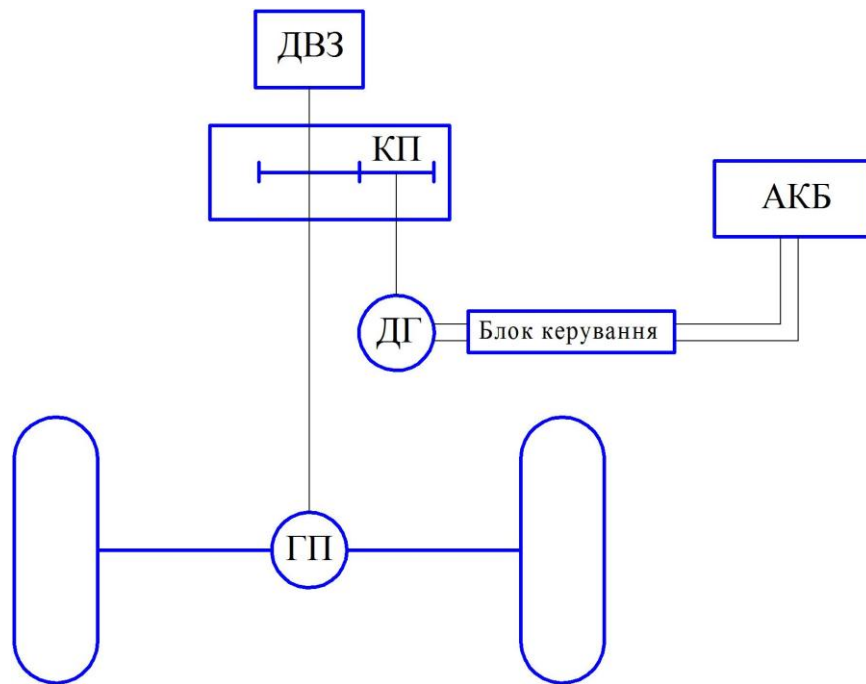
Рисунок 1.9 – Послідовна схема силової установки гібридного автомобіля

Ця схема відрізняється простотою, оскільки немає необхідності конструювати складну трансмісію – електродвигун обертає колеса через головну передачу, яка служить для забезпечення необхідного крутного моменту.

ДВЗ спричиняє дію на генератор Г, який заряджає АКБ і дає енергію тяговому електродвигуну ЕД, що через КП та ГП обертає ведучі колеса.

До недолік такої схеми відноситься те, що і ДВЗ і тяговий ЕД розраховують з максимальної потужності, а отже ККД такої схеми низький.

Паралельні гібриди (HEV) – ЕД працює окремо від ДВЗ та КП. У паралельній схемі гібридизації (рис. 1.10), ДВЗ і тяговий ДГ під'єднані до механічної КП.



ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння; ДГ – двигун-генератор; КП – коробка передач; ГП – головна передача; АКБ – акумуляторна батарея

Рисунок 1.10 – Паралельна схема силової установки гібридного автомобіля

Електричний привід складається з оборотного ДГ, електронного управління і АКБ. На шосе ДВЗ рухає автомобіль і крізь двигун-генератор заряджає акумуляторну батарею. У місті працює електродвигун. Під час руху на підйомі та при інших умовах, коли потрібно максимум потужності, обидва двигуна працюють паралельно, їх потужності сумують. Ця структура забезпечує менше значення, невисоку вартість, більший ККД.

Змішана схема гібридних автомобілів – це модель Toyota Prius, що є першим серійним гібридним електромобілем.

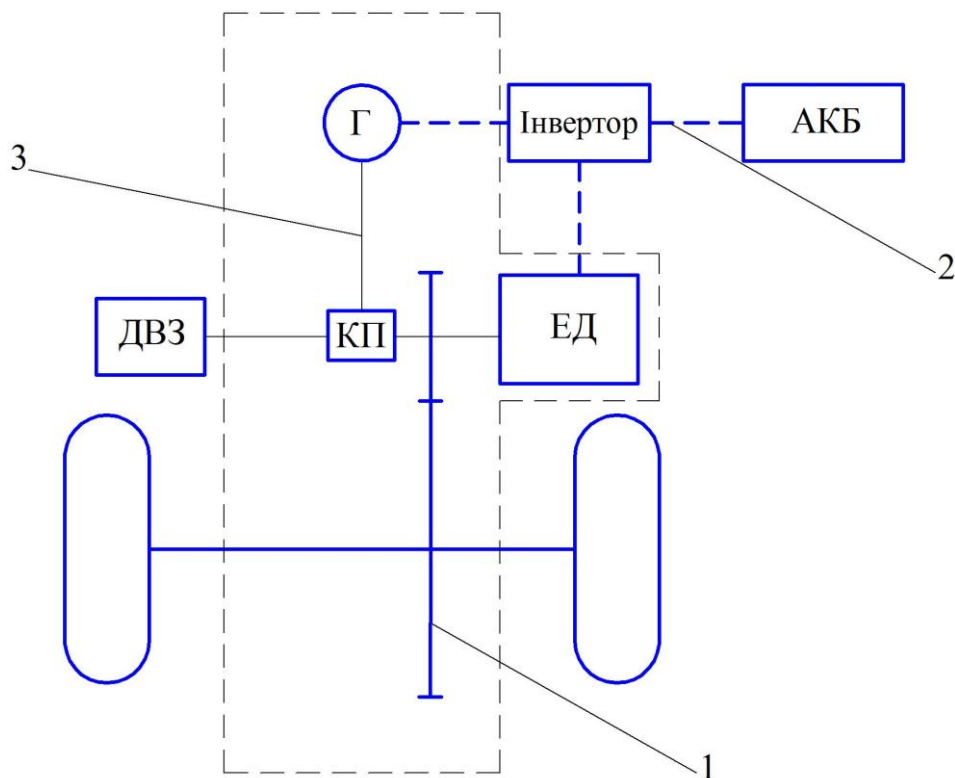
Електромобіль має 1,5-літровий бензиновий двигун потужністю 53 кВт при 4500 об/хв, безколекторний електродвигун постійного струму потужністю 33 кВт при 1040...5600 об/хв, тягова батарея з нікель-

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

металгідридних акумуляторів з номінальним напругою 274 В. Система керування гібридної силової установки (рис. 1.11) забезпечує рух електромобіля із швидкістю в оптимальному режимі. При цьому працюють чи бензиновий двигун чи електродвигун окремо, чи його комбінація з різними частками за проектною потужністю.

Перемикання режимів роботи відбувається практично непомітно в автоматичному режимі. Змішана схема рис. 1.10, реалізована на Toyota Prius, комбінує переваги паралельної та послідовної схем.

Бензиновий двигун через коробку перемикання передач може обертати як колеса так і генератор. Напруга з генератора після перетворення на інверторі надходить для заряду АКБ або для роботи ЕД. Спеціальна коробка перемикання передач сумує і розподіляє енергію між ДВЗ, ЕД та генератором.



1 – понижуюча передача; 2 – електричні з'єднання; 3 – механічні з'єднання

Рисунок 1.11 – Блок-схема гібридної силової установки електромобіля Toyota Prius

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

При гальмуванні енергія рекуперується, за необхідності різкого гальмування використовують і звичайні гідравлічні гальма, що обладнана антиблокувальною гальмівною системою.

Провідні автовиробники почали серійне виробництво гібридних моделей, серед яких: Ford Prodigy (Ford Motor), GM Precept (General Motors), Chrysler Citadel і Dodge PowerBox (Daimler Chrysler), Honda Insight (Honda) та інших.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2 АНАЛІТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV

2.1 Загальна будова та технічна характеристика автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Дані щодо загальної будови та принципів управління енергетичними установками взято з посібника користувача Mitsubishi Outlander PHEV [19].

Коротка технічна характеристика дослідного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика Mitsubishi Outlander PHEV.

Назва параметра	Значення
Колісна формула	4x4
Повна маса, кг	2390
Число місць	5
Діаметр циліндра, мм	88
Хід поршня, мм	97
Міра стиску	11,8
Максимальна швидкість, км/год	175
Запас ходу на електриці, км	83-87
Максимальна потужність, кВт	185
Потужність електродвигуна, кВт	85
Максимальний крутний момент, Н·м	450
Крутний момент електродвигуна, Н·м	255
Двигун, об'єм	L4, 2,4
Тип АКБ	Li-Ion
Габаритні розміри, мм	4710x1862x1682

Система Outlander PHEV складається з генератора, двох двигунів високої потужності, встановлених у передній і задній частинах автомобіля, бензинового двигуна в передній частині та акумулятора високої ємності, встановленого під підлогою. Ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити плавне та комфортне водіння. Система PHEV автоматично перемикається між режимами електромобіля та гібридом залежно від умов руху та залишку заряду акумулятора.

У режимі EV Drive транспортний засіб, як і електромобіль, керується лише електродвигунами на певну відстань, використовуючи електроенергію, що зберігається в акумуляторі приводу. Якщо заряд батареї приводу низький або коли потрібне потужне прискорення, автомобіль працює в режимі Series Hybrid.

Коли потрібна висока швидкість, транспортний засіб приводиться в рух двигуном у паралельному гібридному режимі.

Високопродуктивні двигуни значно знижують шум і вібрацію під час руху та забезпечують потужне прискорення.

Система регенеративного гальмування автоматично починає заряджати акумулятор приводу, коли відпускається педаль газу.

Акумулятор можна заряджати через зарядний порт AC230-240 V. Автомобіль може мати додатковий порт швидкої зарядки, акумулятор можна заряджати на зарядній станції CHAdeMO.

CHAdeMO – це стандарт швидкої зарядки для Eris, який Японія просуває для прийняття як міжнародного стандарту.

На режимі EV Drive транспортний засіб приводиться в рух лише двигунами, які використовують електроенергію, що зберігається в акумуляторі.

При гібридному режимі транспортний засіб приводиться в рух двигунами, використовуючи лише електроенергію, вироблену двигуном. Цей режим використовується, коли рівень заряду батареї низький, під час

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

швидкого прискорення або коли потрібна потужність, наприклад підйом у гору.

При паралельній схемі гібридного режим транспортний засіб приводиться в рух силою ДВЗ, якому допомагають електродвигуни. Цей режим використовується під час їзди на високій швидкості.

Регенеративне гальмування забезпечує перетворення енергії руху в електричну за допомогою електродвигуна який працює в режимі генератора.

Інтенсивність рекуперативного гальмування можна вибрати з двох рівнів за допомогою важеля селектора.

Для відображення режимів роботи гібридної системи використовуються інформаційні екрани. Там відображається приблизну відстань, яку може подолати залишок заряду акумулятора. Напрямок потоку енергії між двигуном, акумулятором і колесами. Відображається приблизну відстань, яку можна подолати разом із залишком заряду акумулятора та залишком палива.

2.2 Методологія дослідження паливної економічності гібридного автомобіля за допомогою їздового циклу.

На швидкостях нижче 36 км/год ДВЗ використовується виключно для обертання генератора, автомобіль працює при мінімальній витраті палива. Розгін і рух, що встановився, здійснюється на електричній тязі. При проходженні позначки 36 км/год відбувається перехід на бензинову тягу, подальший рух складає ДВЗ. На зупинках ДВЗ працює на холостому ході.

Витрату палива на зупинках розраховуємо за формулою:

$$Q_{зуп.} = Q_{Lx} \cdot t_{зуп.}, \text{ л} \quad (2.1)$$

де Q_{Lx} – годинна витрата палива на режимі холостого ходу, л/год;

$t_{зуп.}$ – сумарний час зупинок, год.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Витрата палива на ділянках з використанням електричних двигунів:

$$Q_{el.i} = \frac{g_{e\min} \cdot N_{el.i} \cdot t_{el.i}}{3,6 \cdot \rho_n}, \text{ л} \quad (2.2)$$

де $t_{el.i}$ – час руху на i -тій ділянці з використанням електродвигунів, год;

$g_{e\min}$ – мінімальна питома витрата палива ДВЗ, г/(кВтгод);

ρ_n – густина палива, кг/м³.

$N_{el.i}$ – номінальна потужність, що розвиває електродвигун гібридної силової установки, кВт.

Сумарна витрата палива при використанні електричних двигунів:

$$Q_{el.} = \sum_{i=1}^n Q_{el.i}, \text{ л.} \quad (2.3)$$

При досягненні швидкості понад 36 км/год витрату палива розраховуємо за методикою, що передбачає роботу гібридного автомобіля тільки на ДВЗ:

$$Q_{ДВЗ} = Q_L \cdot t_p, \text{ л} \quad (2.4)$$

де Q_L – годинна витрата палива на режимі руху понад 36 км/год, л/год;

t_p – сумарний час руху зі швидкістю понад 36 км/год, год.

Отже, сумарні витрати палива гібридної силової установки за їздовим циклом можна розрахувати за формулою:

$$Q_{SG} = \frac{Q_{зуп.} + Q_{el.} + Q_{ДВЗ}}{S_{ГЦ}}, \text{ л/км} \quad (2.5)$$

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $S_{ГЦ}$ – сумарний пройдений шлях автомобіля з гібридною силовою установкою за цикл, км.

Витрата палива гібридної силової установки на 100 км пробігу розраховуємо за формулою:

$$Q_{SG}^{100} = Q_{SG} \cdot 100, \text{ л/100 км.} \quad (2.6)$$

Сумарна річна витрата палива гібридного автомобіля розраховується за формулою:

$$Q_{SG}^P = Q_{SG} \cdot L_p, \text{ л/рік} \quad (2.7)$$

де L_p – сумарний річний пробіг автомобіля, км/рік.

Річну витрату палива автомобіля не обладнаного гібридною установкою розраховується за формулою:

$$Q_S^P = \left[\frac{Q_{зуп.} + Q_{ДВЗ} \cdot (t_{ел.і} + t_p)}{S_{ГЦ}} \right] \cdot L_p, \text{ л/рік.} \quad (2.8)$$

Річну економію палива, при використанні гібридної силової установки можна розрахувати за формулою:

$$\Delta Q_S = Q_S^P - Q_{SG}^P, \text{ л/рік.} \quad (2.9)$$

Річну економію коштів, при використанні гібридної силової установки можна розрахувати за формулою:

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E = \Delta Q_s \cdot C_n, \text{ грн/рік.} \quad (2.10)$$

Розрахунок терміну окупності гібридної силової установки, що використовується на автомобілі проводимо за формулою:

$$T_{ок.} = \frac{\Delta C_{г.}}{\Delta E}, \text{ років} \quad (2.11)$$

де $\Delta C_{г.}$ – різниця у ціні автомобіля з гібридною силовою установкою та звичайних автомобілів даної моделі, грн.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV

3.1 Аналітичні дослідження паливної економічності на основі аналізу ЗШХ Mitsubishi Outlander PHEV.

У цьому розділі наводяться результати досліджень паливної економічності автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

В умовах експлуатації автомобілів режим роботи часто змінюється, а оскільки на автомобілі Mitsubishi Outlander PHEV використовуюються гібридна силова установка різні види палива то з метою оцінки тягово-економічних показників роботи даного двигуна на різних режимах слід дослідити його зовнішню швидкісну характеристика (ЗШХ).

Швидкісна характеристика двигуна являє собою графічно виражену залежність потужності, обертового моменту, питомих та годинних витрат палива від частоти обертання колінчатого валу при постійному положенні дросельних заслінок або рейки паливного насосу і при постійних значеннях температури охолоджуючої рідини та оливи.

Аналітичні дослідження ЗШХ проводилося за допомогою програмного комплексу Math Cad.

За результатами побудовано графічну залежність (рис. 3.1).

Аналізуючи залежність рис. 3.1, при збільшенні частоти обертання колінчатого валу ефективна потужність спочатку збільшується за рахунок збільшення частоти циклів, а потім, після досягнення максимального значення, зменшується за рахунок погіршення умов наповнення циліндрів та збільшення механічних втрат. Як видно з залежності рис. 3.1 найбільш економічним режимом роботи двигуна є частота 2600 об/хв за потужності 74 кВт.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Отже, при забезпеченні максимальної економічності двигуна Mitsubishi Outlander 2,4 у складі гібридної силової установки потужність ДВЗ необхідно знижувати на 23,4 % до 74 кВт.

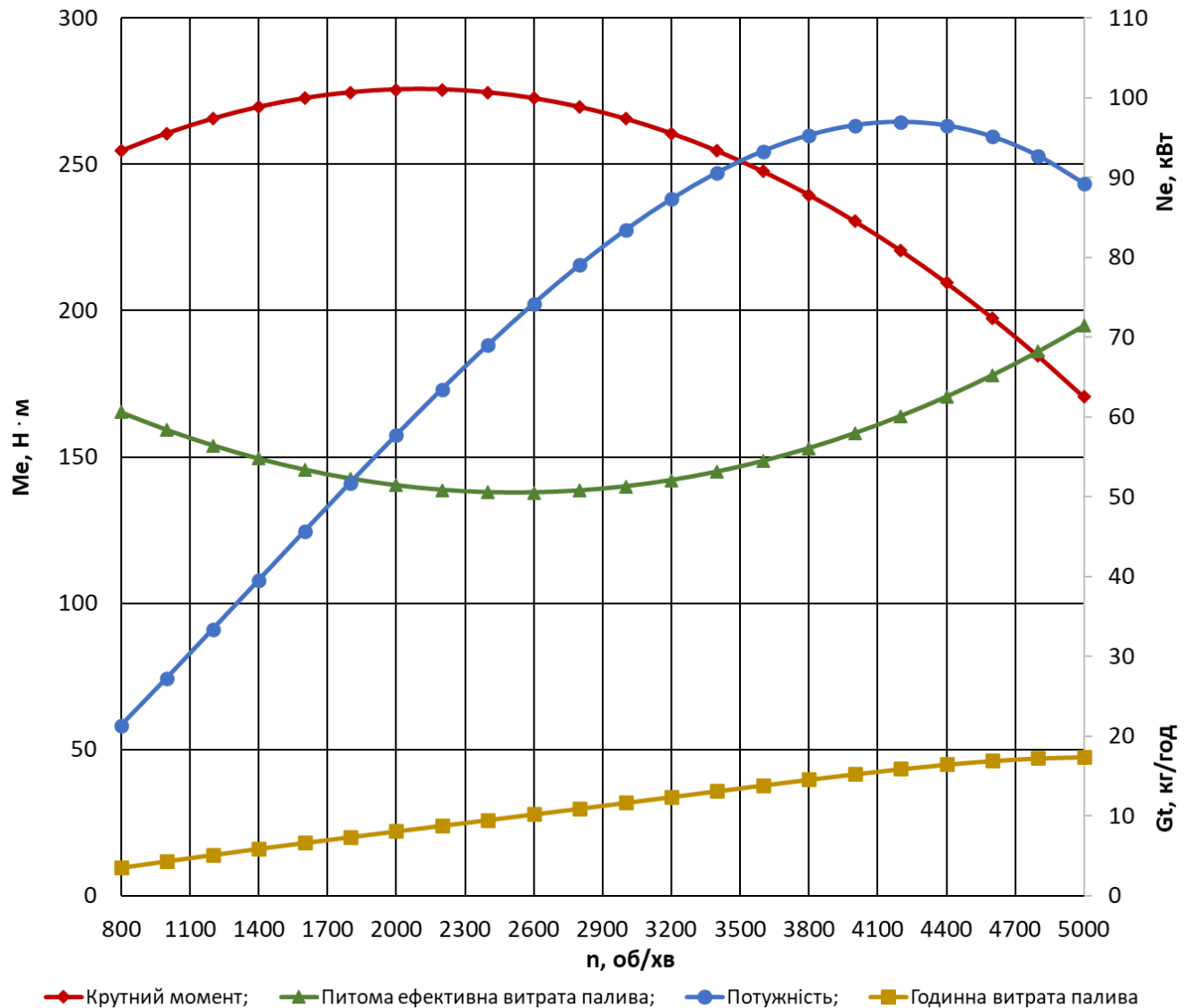


Рисунок 3.1 – Дослідна залежність зміни крутного моменту M_e , потужності N_e , питомої ефективної витрати палива g_e та годинної витрати палива G_t на різних режимах роботи

Для легкових автомобілів максимальну потужність двигуна зазвичай вибирають виходячи з забезпечення максимальної швидкості на дорозі. Максимальна швидкість досягається на вищій передачі. Максимальна швидкість та потужність заявляються виробником у технічному описі на ТЗ і перевіряється при сертифікаційних випробуваннях. LDP також повинен забезпечувати високі динамічні якості автомобілю при обгонах на дорозі. Динамічні якості автомобіля залежать від величини максимального крутного моменту двигуна і його розташування на зовнішній швидкісній характеристиці.

А, тому для порівняльної оцінки економічності гібридних автомобілів [16] пропонують використовувати:

– коефіцієнт $K_1 = N_{\text{ел}}/N_{\text{ДВЗ}}$, який характеризує відношення потужностей електродвигуна і ДВЗ гібридних автомобілів, $K_1 = 0,073 - 0,95$; для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_1 = 0,46$ (див. рис. 3.2);

– коефіцієнт $K_2 = M_{\text{кел}}/M_{\text{кд}}$, який характеризує співвідношення величин крутних моментів електродвигуна і ДВЗ, $K_2 = 0,65 - 1,46$; для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_2 = 0,66$ (див. рис. 3.3);

– коефіцієнт $K_3 = N_{\text{ДВЗ}}/N_{\Sigma}$, який характеризує співвідношення потужності ДВЗ до сумарної потужності силової установки, $K_3 = 0,73 - 0,9$; для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_3 = 0,82$ (див. рис. 3.4);

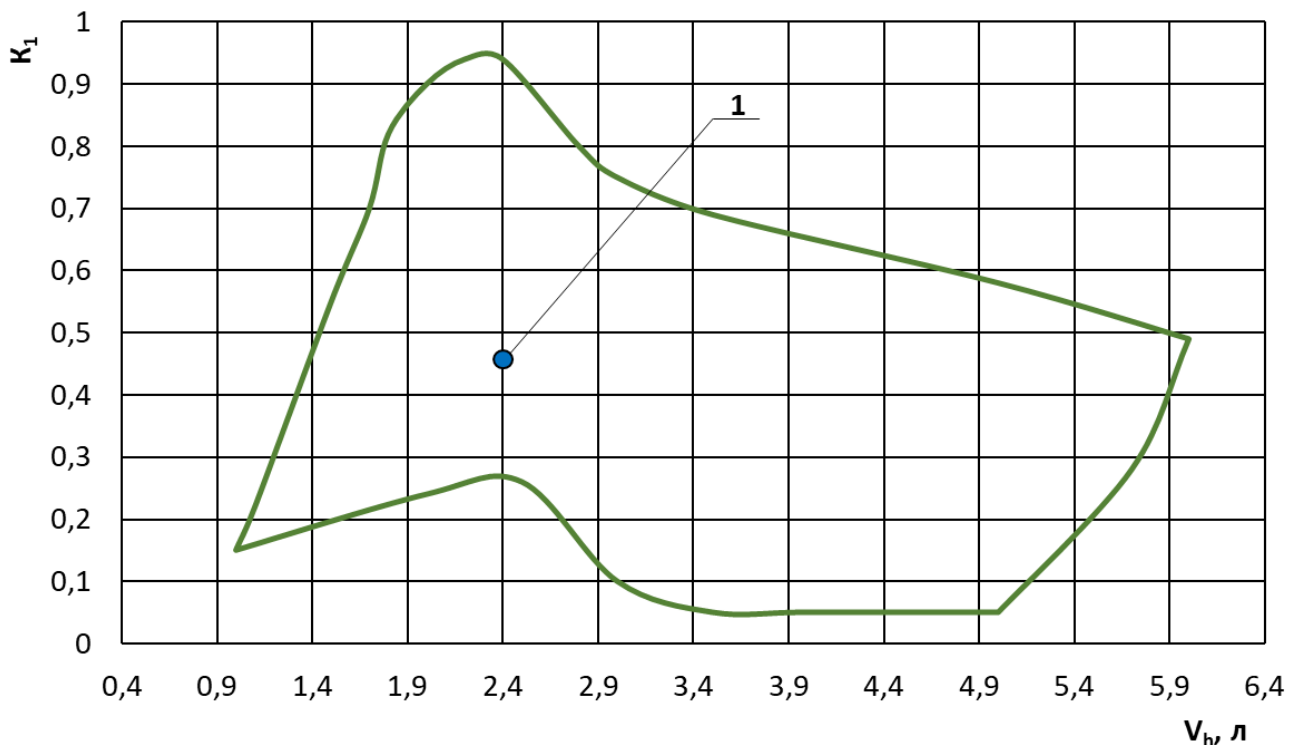
– коефіцієнт $N_1 = N_{\Sigma}/m_{\Sigma}$, який характеризує співвідношення сумарної потужності силової установки до повної маси автомобіля, для гібридних автомобілів PHEV, що підзаряджаються – $N_1 = 0,242 - 0,335$; для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $N_1 = 0,265$ (див. рис. 3.5);

На рис. 3.2 показані статистичні дані коефіцієнта K_1 різних гібридних автомобілів.

Значення коефіцієнта K_1 для різних гібридних автомобілів змінюється в широких межах від 0,0045 (BMW 7) і 0,073 (Mercedes-Bens S400) до 0,95 (Toyota Camry). Найменше значення коефіцієнта K_1 мають моделі

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

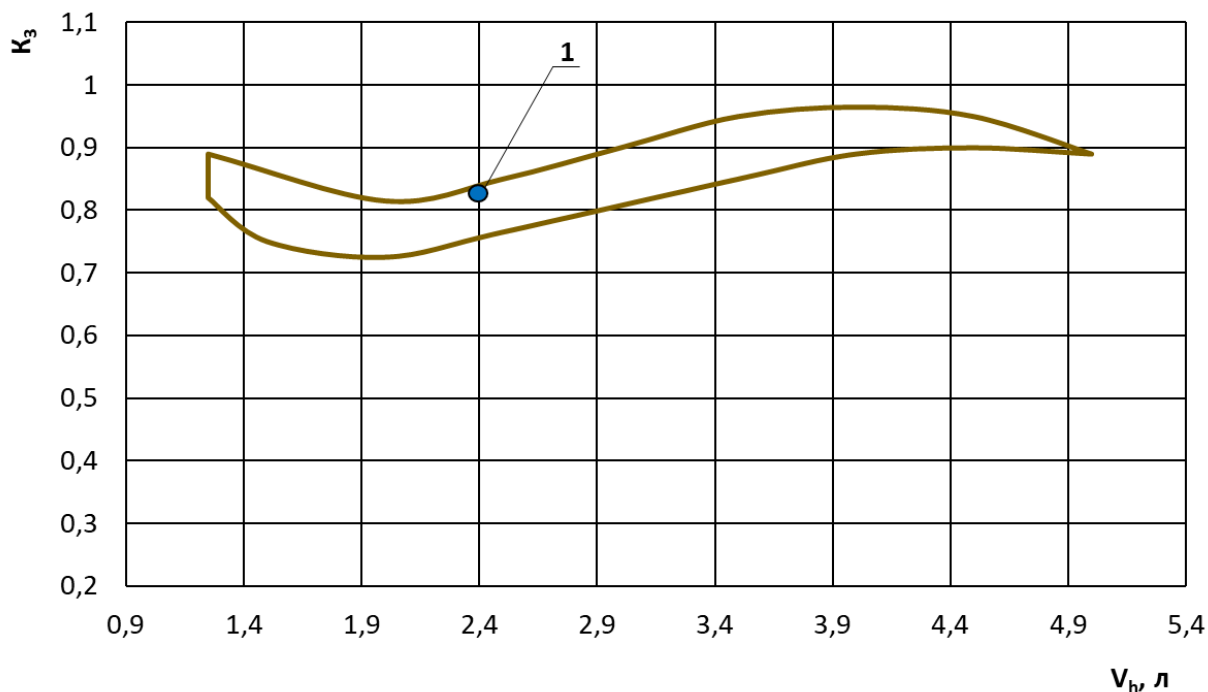
автомобілів з 15 кВт електродвигунами і великим робочим об'ємом ДВЗ, а найбільше автомобіль Toyota Camry з 105 кВт електродвигуном і невеликим робочим об'ємом ДВЗ рівним 1,36 л.



1 – значення коефіцієнта K_1 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

Рисунок 3.2 – Значення коефіцієнта K_1 залежно від робочого об'єму V_h ДВЗ у різних гібридних автомобілів

Слід зазначити, що велике значення коефіцієнта K_1 ще не є гарантією досягнення низької витрати палива автомобілем. Так, у автомобіля Hyundai Sonata з 30 кВт електродвигуном ($K_1=0,24$) витрата палива нижче в випробувальних американських циклах EPA щодо бензинового аналога, ніж у Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л з 85 кВт електродвигуном ($K_1=0,46$). Це також характерно і для гібрида Toyota Camry, і для інших моделей. Якщо у автомобіля Hyundai Sonata зниження витрати палива складає 45% в міському



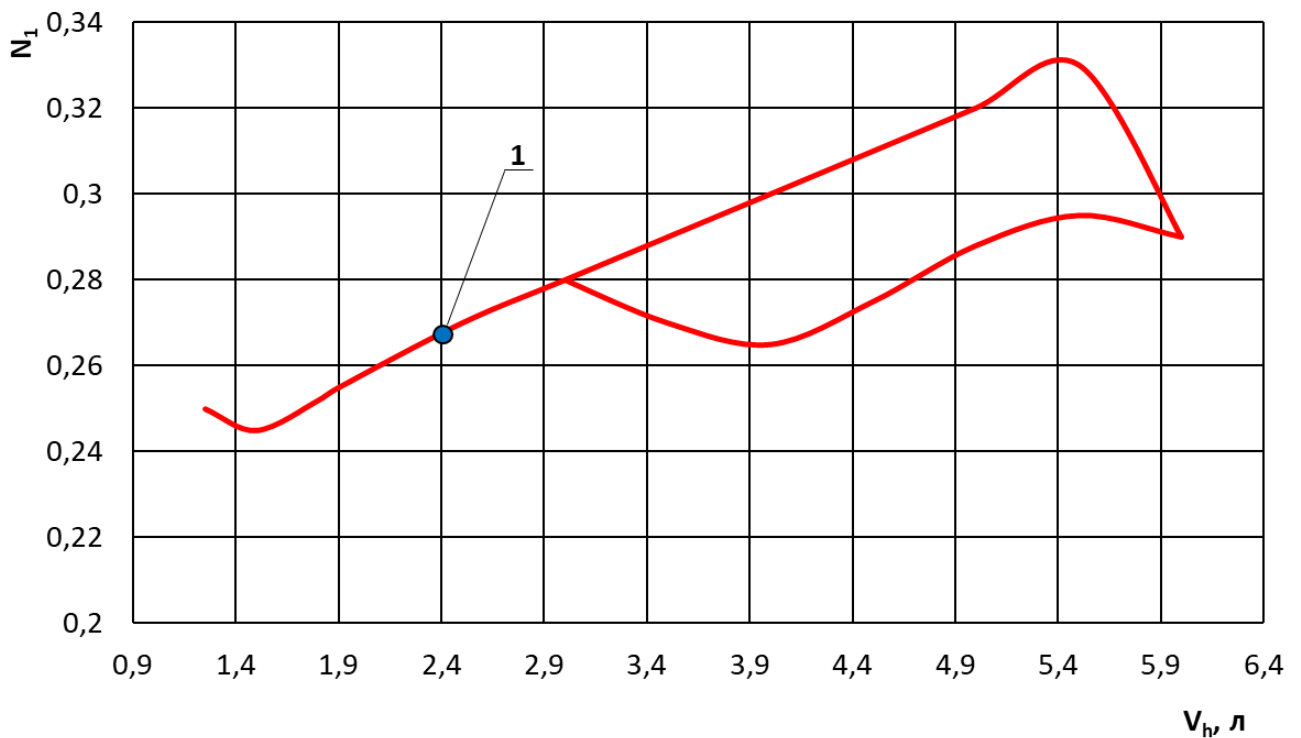
1 – значення коефіцієнта K_3 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

Рисунок 3.4 – Значення коефіцієнта K_3 залежно від робочого об'єму V_h ДВЗ у різних гібридних автомобілів

Отже, електродвигуни більш ефективні в порівнянні з будь-яким ДВЗ і мають лише одну рухому частину в порівнянні з сотнями рухомих частин у типовому бензиновому або дизельному ДВЗ.

Електродвигун може мати ККД (включаючи контролер) більше 90%, в той час як бензиновий двигун має ККД лише 35% або менше.

ДВЗ не має такої здатності до перевантаження, як електродвигун, тому номінальна потужність ДВЗ зазвичай набагато вища, ніж та, що необхідна для руху по шосе рис. 3.6.



1 – значення коефіцієнта N_1 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

Рисунок 3.5 – Значення коефіцієнта N_1 залежно від робочого об'єму V_h ДВЗ у різних гібридних автомобілів

Максимальний крутний момент ДВЗ (рис. 3.7) досягається на проміжній швидкості, а з подальшим збільшенням швидкості крутний момент зменшується.

Для ДВЗ існує точка максимальної паливної ефективності в швидкісному діапазоні, і ця швидкість оптимізується багатьма виробниками гібридних транспортних засобів, використовуючи трансмісію, яка утримує частоту обертання двигуна в межах найбільш ефективного діапазону.

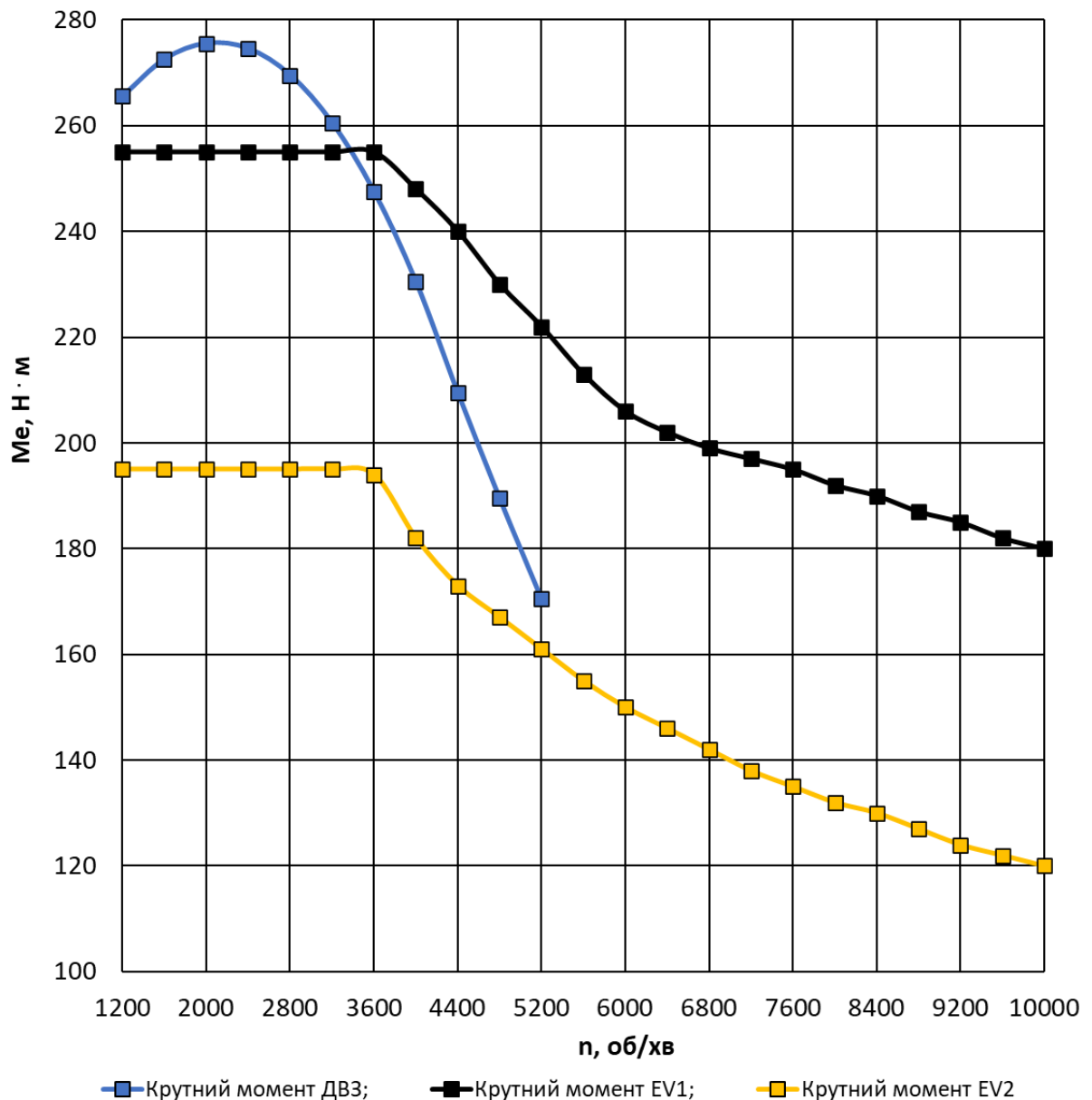


Рисунок 3.7 – Графіки порівняння крутного моменту між електродвигунами та ДВЗ автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

3.2 Експлуатаційні дослідження паливної економічності автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Експлуатаційні дослідження паливної економічності автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV включають аналіз витрат палива в реальних умовах експлуатації, що дозволяє визначити ефективність використання транспортного засобу.

З метою виключення впливу стилю водіння, технічного стану автомобіля, умов експлуатації та інших факторів на витрату палива наші дослідження проводилися на одному автомобілю.

Підготовка автомобіля: Автомобіль має пройти обкатку (пробіг не менше 3000 км) і бути в належному технічному стані. Необхідно переконатися у відсутності технічних несправностей, що можуть вплинути на витрату палива (наприклад, перевірити тиск у шинах, стан двигуна).

Вибір маршруту та умов руху: Дослідження проводяться на реальних дорогах (міських, магістральних, заміських), що відповідають типовим умовам експлуатації. Враховуються такі фактори, як завантаження автомобіля, погодні умови, профіль дороги та інтенсивність руху.

Для цього нами вибрано три режими їзди:

- 1) міський цикл їзди із зарядженим акумулятором;
- 2) змішаний цикл їзди із зарядженим акумулятором;
- 3) змішаний цикл їзди із розрядженим акумулятором.

Вимірювальне обладнання: Для точного вимірювання витрати палива використовуються спеціальні прилади, такі як бортові електронні вимірювачі витрати палива (буки) або інші високоточні системи вимірювання. Нами використано штатну систему автомобіля Mitsubishi Outlander.

Збір та обробка даних: Під час руху фіксувалися дані про пройденої відстань, кількість витраченого палива, швидкість руху, час роботи двигуна та інші параметри.

Аналіз результатів: Отримані дані обробляються для розрахунку основного показника паливної економічності – шляхової витрати палива, яка зазвичай вимірюється в літрах на 100 км пробігу (л/100 км).

На рис. 3.8 відображені результати дослідження витрати палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при міському циклі їзди із зарядженим акумулятором.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

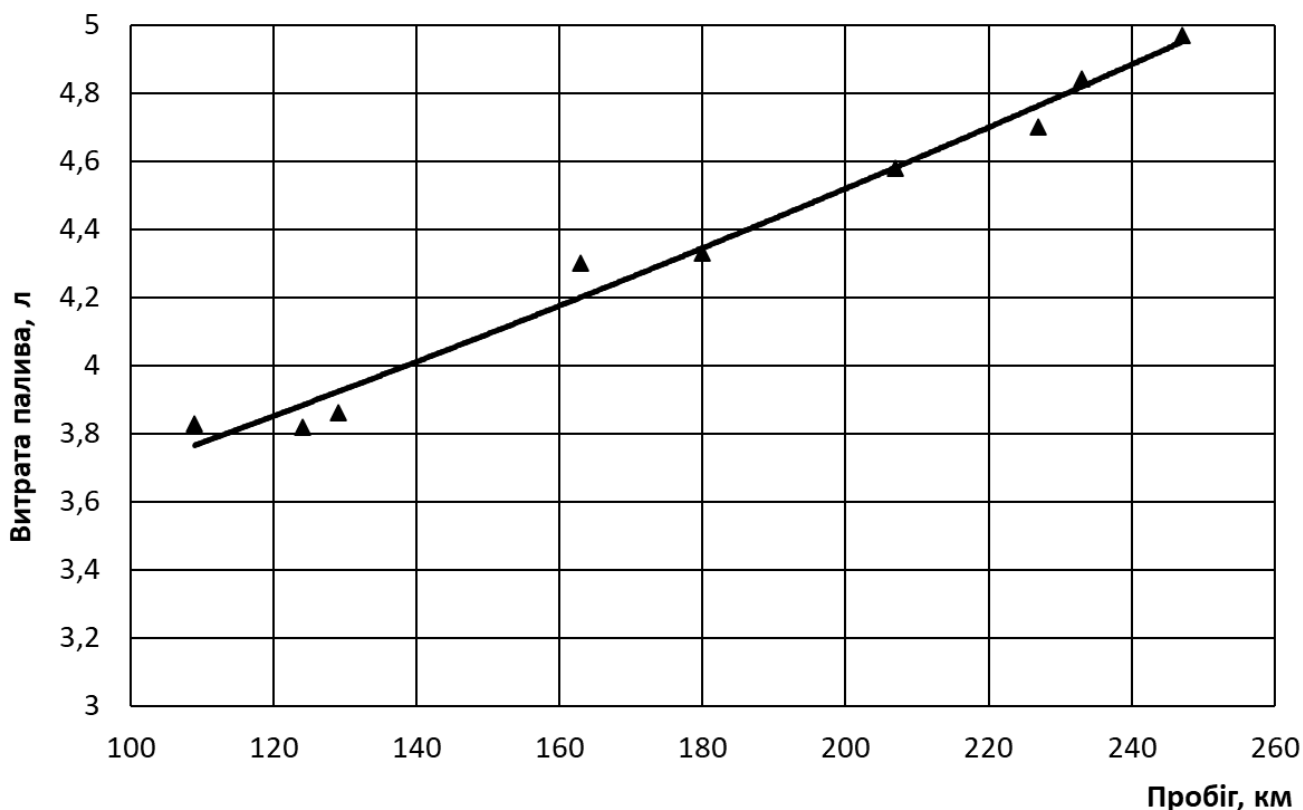


Рисунок 3.8 – Витрата палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при міському циклі їзди із зарядженим акумулятором

За результатами відображеними на рис. 3.8 дослідний автомобіль виконав 9 циклів міської їзди із загальним пробігом 1619 км та витратою палива 39,23 л. Середнє значення витрати палива на 100 км становить 2,42 л. Згідно інструкції заводу виробника, цей показник становить від 0,8 до 2,3 л/100 км. Отримані нами значення витрати палива є досить близькими до заводських, це пояснюється тим, що в процесі досліджень не вмикалися додаткові пристрої, такі як система опалення, освітлення та ін.

На рис. 3.9 відображені результати дослідження витрати палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при змішаному циклі їзди із зарядженим акумулятором.

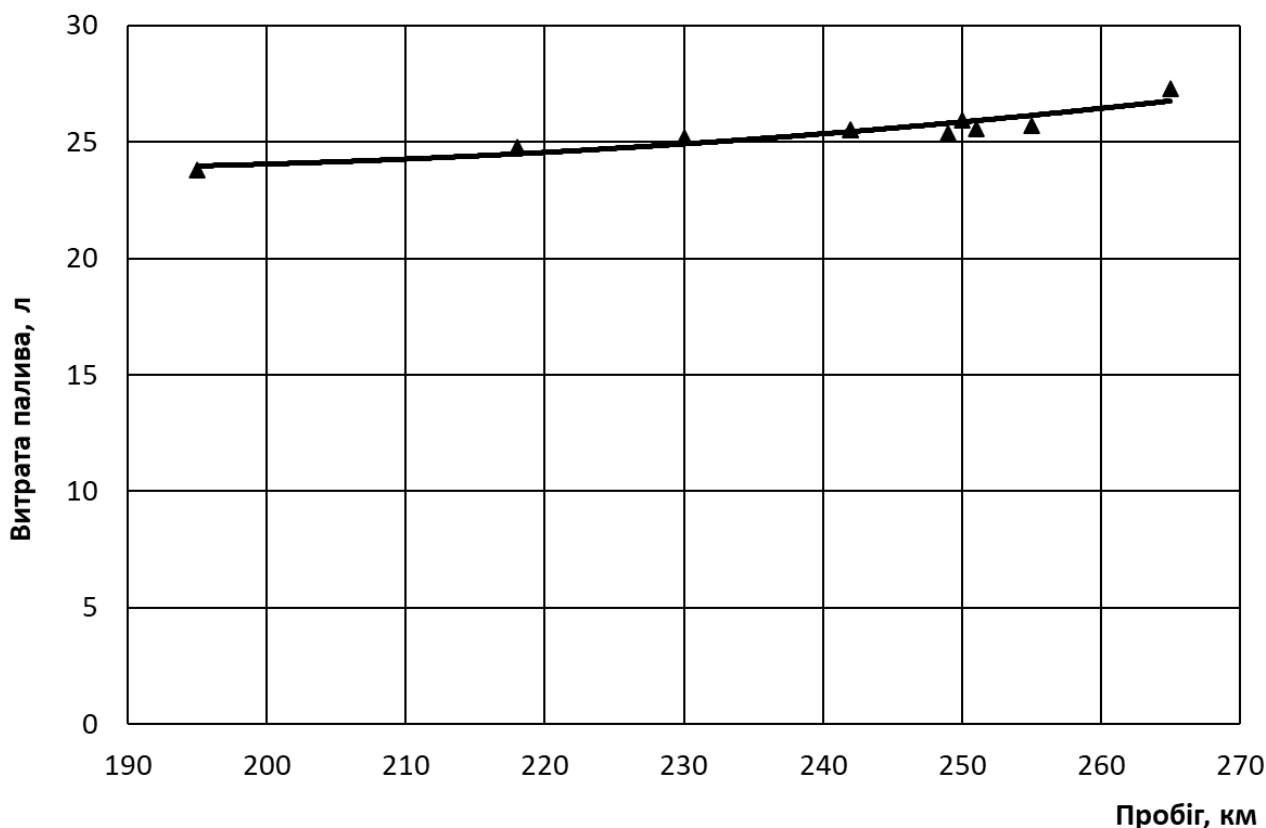


Рисунок 3.10 – Витрата палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при змішаному циклі їзди із розрядженим акумулятором

Як видно з рис. 3.10 нами проведено 10 циклів їзди автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV із загальним пробігом 2397 км та витратою палива 254,74 л. Значення витрати палива на 100 км становить 10,63 л. Отримані нами значення витрати палива відображають пробіги автомобіля де використовується ДВЗ, оскільки заряд АКБ не поповнювався.

З розглянутих досліджень випливає, що визначальну роль у зниженні витрат палива автомобілем відіграє не сама по собі обрана потужність електродвигуна силової установки, а інші її характеристики. До таких характеристик слід віднести:

- алгоритм роботи енергоустановки, що визначає режим включення електродвигуна на різних режимах руху автомобіля;

- конструктивні особливості силової установки, що дозволяють працювати ДВЗ в оптимальній зоні багатопараметричної характеристики ДВЗ. При цьому для реалізації оптимального, з точки зору економічності, алгоритму, необхідна певна потужність електродвигуна, яка забезпечує роботу на електротязі в широкому діапазоні навантажень міського та магістрального циклу. Потрібно також враховувати, що для успішного функціонування разрядно-зарядної системи силової установки при русі автомобіля по циклу необхідно безперервно підтримувати заряд батарей на певному рівні.

Отже, з результатів досліджень, для забезпечення економічності, схема роботи гібрида Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л має використовувати електродвигун тільки на низьких і середніх навантаженнях міського та магістрального циклів.

3.3 Розрахунок економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 3.1 та взяті з результатів дослідження для змішаного циклу їзди Mitsubishi Outlander PHEV при зарядженому АКБ.

Методика розрахунку економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV проводилась за допомогою їздового циклу. На швидкостях нижче 36 км/год ДВЗ використовується виключно для обертання генератора, автомобіль працює при мінімальній витраті палива. Розгін і рух, що встановився, здійснюється на електричній тязі. При проходженні позначки 36 км/год відбувається перехід на бензинову тягу, подальший рух складає ДВЗ. На зупинках ДВЗ працює на холостому ході.

Отже, витрату палива на зупинках розраховуємо за формулою (2.1):

$$Q_{зуп.} = 17,4 \cdot 0,08 = 1,39 \text{ л.}$$

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Назва параметру	Одиниці	Значення
Сумарний пройдений шлях гібридного автомобіля	км	179,9
Сумарний час зупинок	год	0,08
Час руху на електротязі	год	0,97
Час руху на ДВЗ	год	1,3
Різниця в ціні гібридного автомобіля та автомобіля з ДВЗ	грн	160000
Мінімальна питома витрата палива	г/(кВт · год)	137,8
Номінальна потужність електро-двигунів	кВт	185
Годинна витрата палива	кг/год	17,4
Ціна палива	грн/л	55

Витрата палива на ділянках з використанням електричних двигунів розрахована за формулою (2.2):

$$Q_{el.i} = \frac{137,8 \cdot 185 \cdot 0,97}{3,6 \cdot 720} = 9,54, \text{ л.}$$

Сумарна витрата палива при використанні електричних двигунів розраховано за формулою (2.3):

$$Q_{el.} = 9,54, \text{ л.}$$

При досягненні швидкості понад 36 км/год витрату палива розраховуємо за методикою, що передбачає роботу гібридного автомобіля тільки на ДВЗ за формулою (2.4):

$$Q_{ДВЗ} = 17,4 \cdot 1,3 = 22,62 \text{ л.}$$

Отже, за їздовим циклом можна розрахувати за формулою (2.5):

$$Q_{SG} = \frac{1,39 + 9,54 + 22,62}{179,9} = 0,1865 \text{ л/км.}$$

Витрата палива гібридної силової установки на 100 км пробігу розраховуємо за формулою (2.6):

$$Q_{SG}^{100} = 0,19 \cdot 100 = 18,65, \text{ л/100 км.}$$

Сумарна річна витрата палива гібридного автомобіля розраховується за формулою (2.7):

$$Q_{SG}^P = 0,1865 \cdot 27884,5 = 5200,59 \text{ л/рік.}$$

Річну витрату палива автомобіля не обладнаного гібридною установкою розраховується за формулою (2.8):

$$Q_S^P = \left[\frac{1,392 + 22,62 \cdot (0,97 + 1,3)}{179,9} \right] \cdot 27884,5 = 6337,95 \text{ л/рік.}$$

Річну економію палива, при використанні гібридної силової установки можна розрахувати за формулою (2.9):

$$\Delta Q_S = 6337,95 - 5200,59 = 1137,36 \text{ л/рік.}$$

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Річну економію коштів, при використанні гібридної силової установки можна розрахувати за формулою (2.10):

$$\Delta E = 1137,36 \cdot 55 = 62554,71 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунок терміну окупності гібридної силової установки, що використовується на автомобілі проводимо за формулою (2.11):

$$T_{ок.} = \frac{160000}{62554,71} = 2,56 \text{ років.}$$

Отже, при використанні гібридної силової установки автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV річна економія палива становить 1137,36 л, за сумарного річного пробігу автомобіля 27884,5 км.

За додаткової вартості гібридної силової установки 160000 грн і за економії 62554,71 грн на паливі в рік термін її окупності становить 2,56 років.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі мною виконано дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV в умовах станції технічного обслуговування.

В першому розділі на основі аналізу літературних джерел нами встановлено, що гібридні автомобілі покращують економію палива та зменшують кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. У виробництві автомобіля використовуються композитні матеріали, такі як вуглецеве волокно, або легкі метали, такі як алюміній та магній, що робить автомобіль легшим, і для розгону та підтримки заданої швидкості потрібно менше енергії.

Згідно досліджень літературних джерел основним критерієм класифікації гібридних автомобілів є принципова схема, від якої залежить їх компоновка. До схем компоновки гібридних автомобілів відносяться: паралельна, послідовна та змішана схема компоновання.

Хоча електромобілі мають високу перспективу щодо майбутнього, використання гібридних автомобілів є перехідним етапом, що буде розвиватися у найближчому майбутньому.

У другому розділі роботи наведені аналітичні основи дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, а саме загальна будова та технічна характеристика автомобіля, методологія дослідження паливної економічності гібридного автомобіля за допомогою їздового циклу.

Результати дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV наведено у третьому розділі.

За результатами аналітичних дослідження паливної економічності на основі аналізу ЗШХ Mitsubishi Outlander PHEV нами встановлено, що, при збільшенні частоти обертання колінчатого валу ефективна потужність

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спочатку збільшується за рахунок збільшення частоти циклів, а потім, після досягнення максимального значення, зменшується за рахунок погіршення умов наповнення циліндрів та збільшення механічних втрат.

Отже, для забезпечення максимальної економічності двигуна Mitsubishi Outlander 2,4 у складі гібридної силової установки його потужність необхідно знижувати на 23,4 % до 74 кВт.

Для порівняльної оцінки економічності гібридних автомобілів нами використано: коефіцієнт K_1 , який характеризує відношення потужностей електродвигуна і ДВЗ гібридних автомобілів, що для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_1=0,46$; коефіцієнт K_2 , який характеризує співвідношення величин крутних моментів електродвигуна і ДВЗ, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_2=0,66$; коефіцієнт K_3 , який характеризує співвідношення потужності ДВЗ до сумарної потужності силової установки, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_3=0,82$; коефіцієнт N_1 , що характеризує співвідношення сумарної потужності силової установки до повної маси автомобіля, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $N_1=0,265$.

Я нами встановлено, електродвигуни мають ідеальні характеристики для використання в транспортному засобі завдяки більш постійній потужності у всіх діапазонах швидкості, більш стабільному крутному моменту на низьких швидкостях, що забезпечує для прискорення та рух на підйомах.

З проведених досліджень автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV виконав 9 циклів міської їзди із загальним пробігом 1619 км та витратою палива 39,23 л, при цьому середнє значення витрати палива на 100 км становить 2,42 л. Згідно інструкції заводу виробника, цей показник становить від 0,8 до 2,3 л/100 км. Отримані нами значення витрати палива є досить близькими до заводських, це пояснюється тим, що в процесі досліджень не вмикалися додаткові пристрої, такі як система опалення, освітлення та ін.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

За результатами досліджень 10 змішаних циклів їзди автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV із загальним пробігом 1973 км встановлено середню витрату палива 6,02 л на 100 км. Отримані нами значення витрати палива відображають пробіги автомобіля де активно використовується ДВЗ, оскільки заряду АКБ є недостатньо.

При русі автомобіля на значні відстані де активно використовується ДВЗ витрата палива становить 10,63 л на 100 км.

Отже, з результатів досліджень, для забезпечення економічності, схема роботи гібрида Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л має використовувати електродвигун тільки на низьких і середніх навантаженнях міського та магістрального циклів.

Використання гібридної силової установки на автомобілі Mitsubishi Outlander PHEV забезпечує річну економію палива – 1137,36 л, за сумарного річного пробігу автомобіля 27884,5 км.

За додаткової вартості гібридної силової установки 160000 грн і за економії 62554,71 грн на паливі в рік термін її окупності становить 2 роки та 6 місяців.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан ринку гібридних автомобілів [Електронний ресурс] – snauka.ru/2013/07/2136.
2. Стимулювання до купівлі більш екологічних автомобілів [Електронний ресурс] <https://ecotechnica.com.ua/stati/1228-kak-v-evrope-stimuliruyutelektromobilistov-polnyj-obzor-po-stranam.html>.
3. Саун М.М. Навчально-методичний комплекс для підготовки спеціалістів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» в аграрних вищих навчальних закладах III-IV рівнів акредитації для всіх напрямів підготовки за вимогами кредитно-модульної системи / М.М. Саун, А.С. Окіпняк, В.Ф. Нагорнюк та ін.; за редакцією М.М. Сауна та А.С. Окіпняка. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2015. – 480 с.
4. A. Venkatram and N. Schulte, Urban Transportation and Air Pollution, Elsevier Press, Amsterdam, Netherlands, June, 2018.
5. E.H. Wakefield, History of Electric Automobile, SAE International, Warrendale, PA, 1994.
6. T.D. Gillespie, Fundamentals of Vehicle Dynamics, SAE International, Warrendale, PA, 1992.
7. J.M. Miller, Propulsions Systems for Hybrid Vehicles, Institute of Electrical Engineers, London, 2004.
8. M.H. Westbrook, The Electric Car, The Institute of Electrical Engineers, London and Society of automotive Engineers, Warrendale, PA, 2001.
9. R. Hodkinson and J. Fenton, Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 2001.
10. “Model Year 2020 Vehicles,” Department of Energy Alternative Fuels Data Center. Online <https://afdc.energy.gov/vehicles/search/>, accessed April 9, 2020.

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

11. Ulf Bossel, “Well-to-Wheel Studies, Heating Values, and the Energy Conservation Principle,” European Fuel Cell Forum. Online [www.efcf.com/reports \(E10\)](http://www.efcf.com/reports(E10)), accessed October 22, 2003.

12. F. Kreith, R.E. West and B.E. Isler, “Efficiency of advanced ground transportation technologies,” Transactions of the ASME, Journal of Energy Resources Technology, 124, 173–179, September 2002.

13. Online <https://greet.es.anl.gov/>, accessed June 24, 2020.

14. S. Chanda, Powertrain Sizing and Energy Usage Adaptation Strategy for Plug-in Hybrid Electric Vehicles, M.S. Thesis, University of Akron, Akron, OH, 2008.

15. Online <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/>, accessed June 24, 2020.

16. J. DeCicco, F. An and M. Ross, “Technical options for improving the fuel economy of U.S. cars and light trucks by 2010-2015,” The Energy Foundation Report, April 2001. Online <https://www.yumpu.com/en/document/view/6776991/>, accessed October 16, 2020.

17. P. Hertzke, N. Müller, S. Schenk and T. Wu, “The Global Electric-vehicle Market is Amped Up and on the Rise,” McKinsey & Company, May 2018. Online <https://www.mckinsey.com/industries/automotiveand-assembly/our-insights>, accessed October 16, 2020.

18. <https://pro-op.com.ua/article/1208-zasobi-zahistu-u-nadzvichaynih-situatsyah>».

19. <https://manuals.plus/uk/mitsubishi-electric/phev-next-generation-outlander-manual>.

20. Arnalich, Santiago, Epanet and Development: How to Calculate Water Networks by Computer (Arnalich, Water and Habitat, Spain, 2011).

21. Fullarton, Alexander Robert, Watts in the Desert: Pioneering Solar Farming in Australia’s Outback, (Ibidem Verlag, 2016).

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

22. Fullarton, Alexander Robert, 'The Impact of the Changing Technology of Motor Vehicles on Road Tax Revenue' (2018) 20(1) Journal of Australian Taxation 26.

23. Galvin, Ray, 'Energy Consumption Effects of Speed and Acceleration in Electric Vehicles: Laboratory Case Studies and Implications for Drivers and Policymakers' (2017) 53 Transportation Research Part D 234.

24. Martin, Stanley Leonard, and Connor, Andrew Kenneth, Basic Physics 1 (Whitcombe and Tombs Pty Ltd, 1968).

25. Oliphant, Monica 'Australia's Emissions Contribution: Does It Matter?' in John O'Brien (ed), Opportunities Beyond Carbon: Looking Forward to a Sustainable World (Melbourne University Publishing, 2009).

					MP.AT-04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

**Комплект ілюстративного матеріалу до захисту
магістерської роботи**

**студент групи АТм-24-1
Лилик Владислав Романович**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ
ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI
OUTLANDER PHEV В УМОВАХ СТАНЦІ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Науковий керівник: проф. Козак Ф.В.

**Івано-франківськ
2025р.**

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1

Актуальність. Гібридний автомобіль може долати великі відстані, оскільки він може живитися від двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), електродвигуна або обох.

Перевагою гібридного автомобіля є рекуперативне гальмування. Під час цього процесу частина енергії, необхідної для гальмування, регенерується в тяговий акумулятор. Рекуперована енергія може використовуватися для обертання електродвигуна.

Гібрид, порівняно зі звичайним автомобілем з ДВЗ, може споживати на 10-100 % менше палива, залежно від технологічного рівня гібридного автомобіля та режиму водіння.

Мета роботи полягає в є дослідженні паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Завдання дослідження:

1. Розглянути структуру гібридних автомобілів, їх типи та компоненти, що використовуються в них.
2. Провести реальні експерименти з дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.
3. Проаналізувати результати експериментів та визначити вплив умов експлуатації на паливну економічність автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Об'єкт дослідження – гібридний автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV.

Предмет дослідження – є гібридна силова установка автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, що працює на різних режимах роботи.

Наукова новизна та практична цінність:

- розглянуто структуру гібридних автомобілів, їх типи та компоненти, що використовуються в них;
- проведено дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.
- проаналізовано результати експериментів та визначено вплив умов експлуатації на паливну економічність автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Методи дослідження. У роботі використано методи аналізу науково-технічної інформації, теоретичні та експериментальні дослідження техніко-експлуатаційних параметрів гібридної силової установки автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підібрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, в тому числі досліджено параметри ефективності роботи гібридної силової установки автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV в умовах станції технічного обслуговування, узагальнено та сформульовано висновки.

ВИТРАТА ЕНЕРГІЇ ГІБРИДНИМ АВТОМОБІЛЕМ

3



Рисунок 1 – Діаграма витрати енергії гібридним автомобілем [1]

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

4

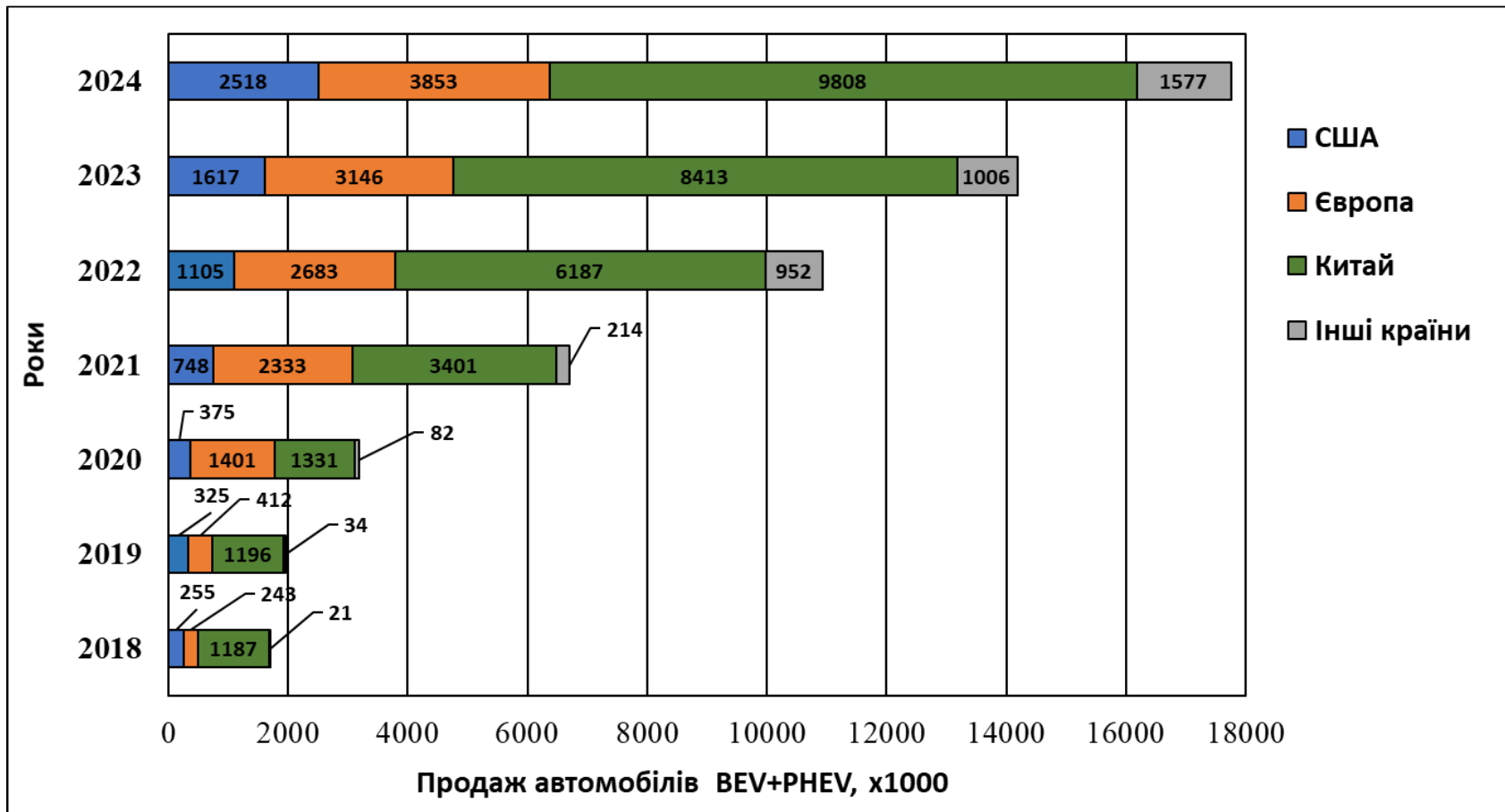


Рисунок 2 – Кількість проданих автомобілів BEV+PHEV

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІД ВИДОБУТКУ НАФТИ ДО ВЕДУЧИХ КОЛІС (WTW)

5

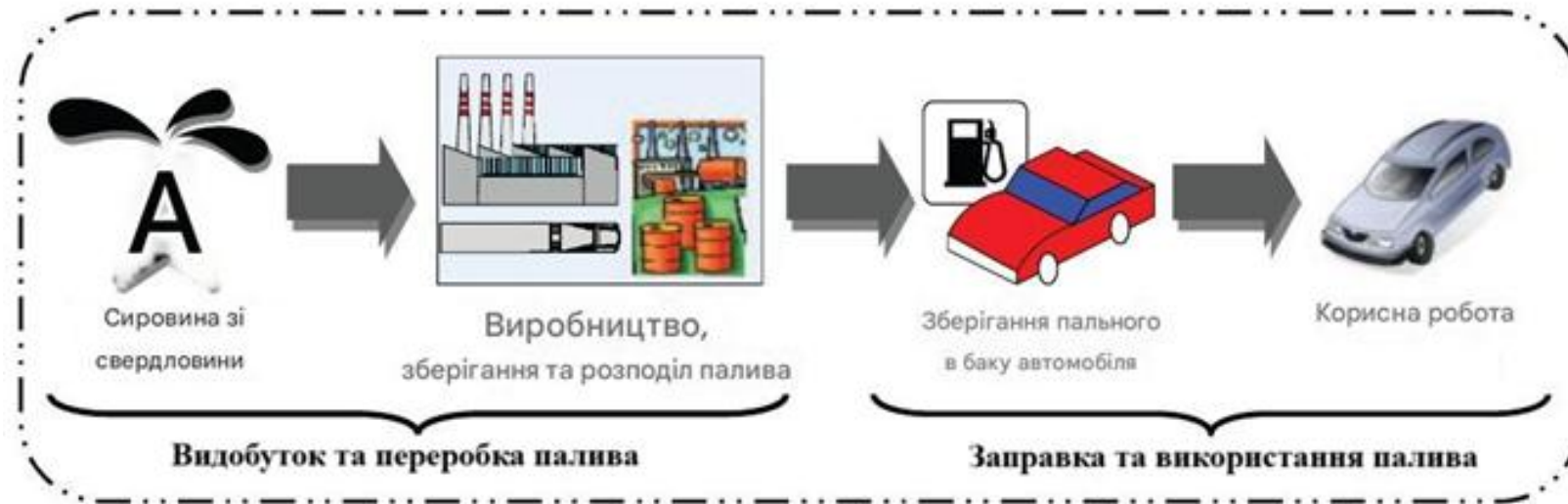


Рисунок 3 – Процеси, що беруть участь у розрахунку ефективності використання палива

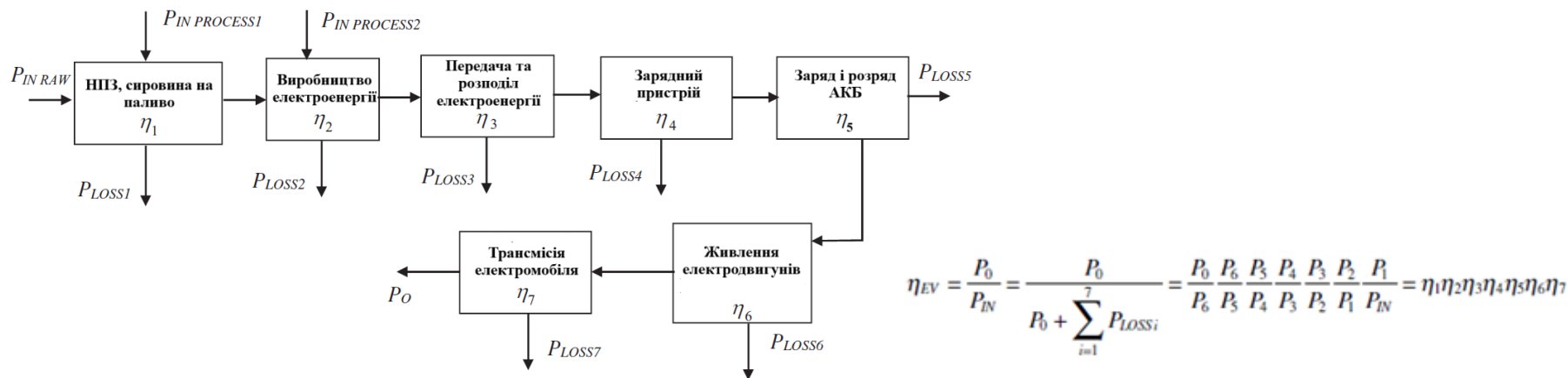


Рисунок 4 – Процес споживання енергії на електромобілях

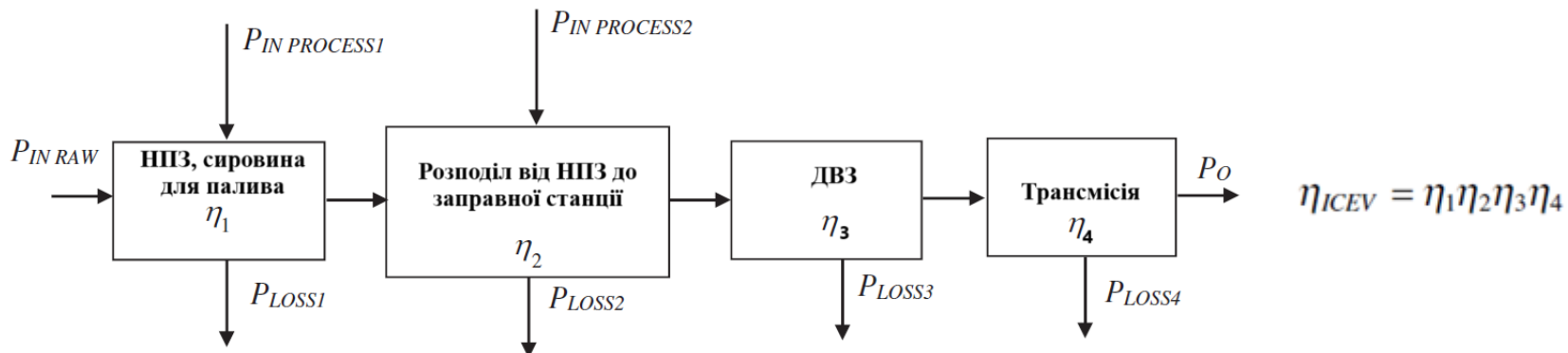


Рисунок 5 – Процес споживання енергії автомобіля з ДВЗ

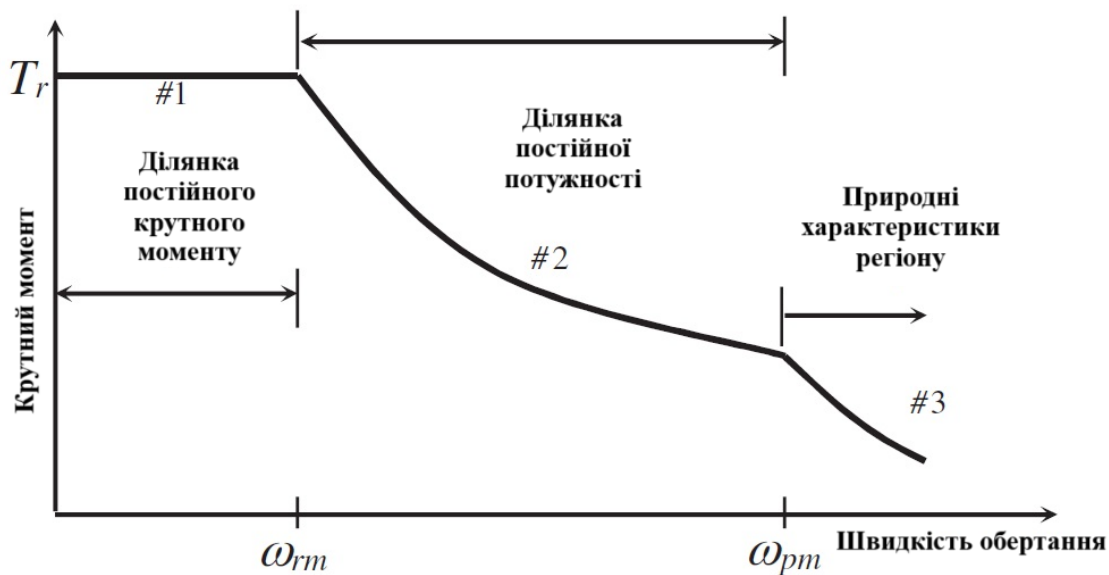


Рисунок 6 – Крива залежності зміни крутного моменту і швидкість обертання ротора електродвигуна

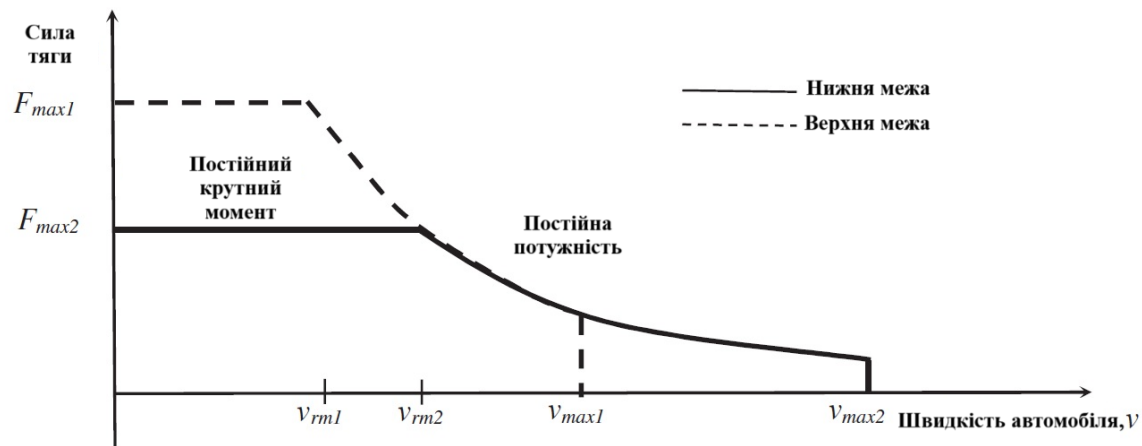
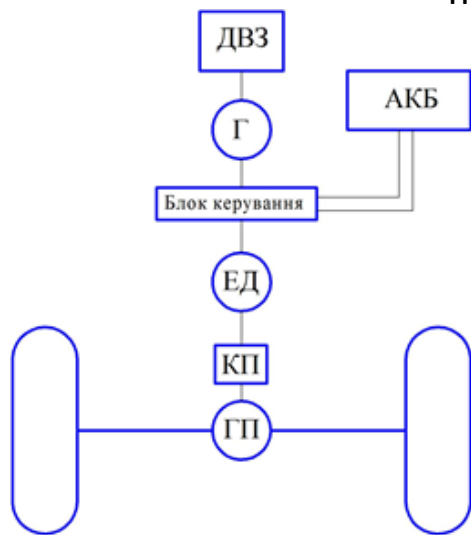
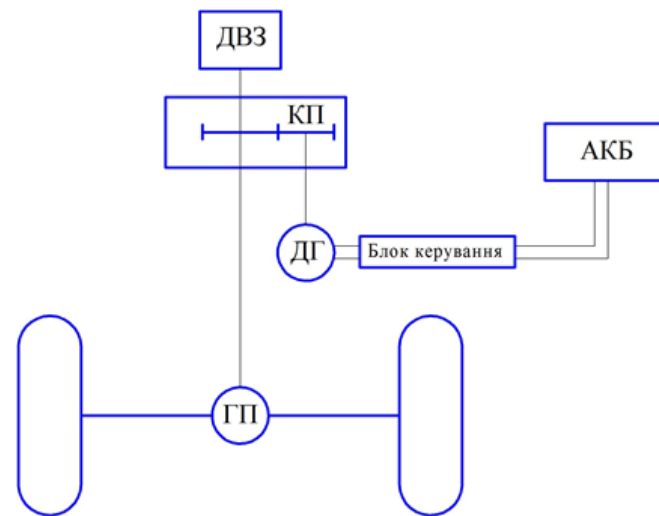


Рисунок 7 – Тягово-швидкісна характеристика електродвигуна автомобіля для двох передавальних чисел трансмісії



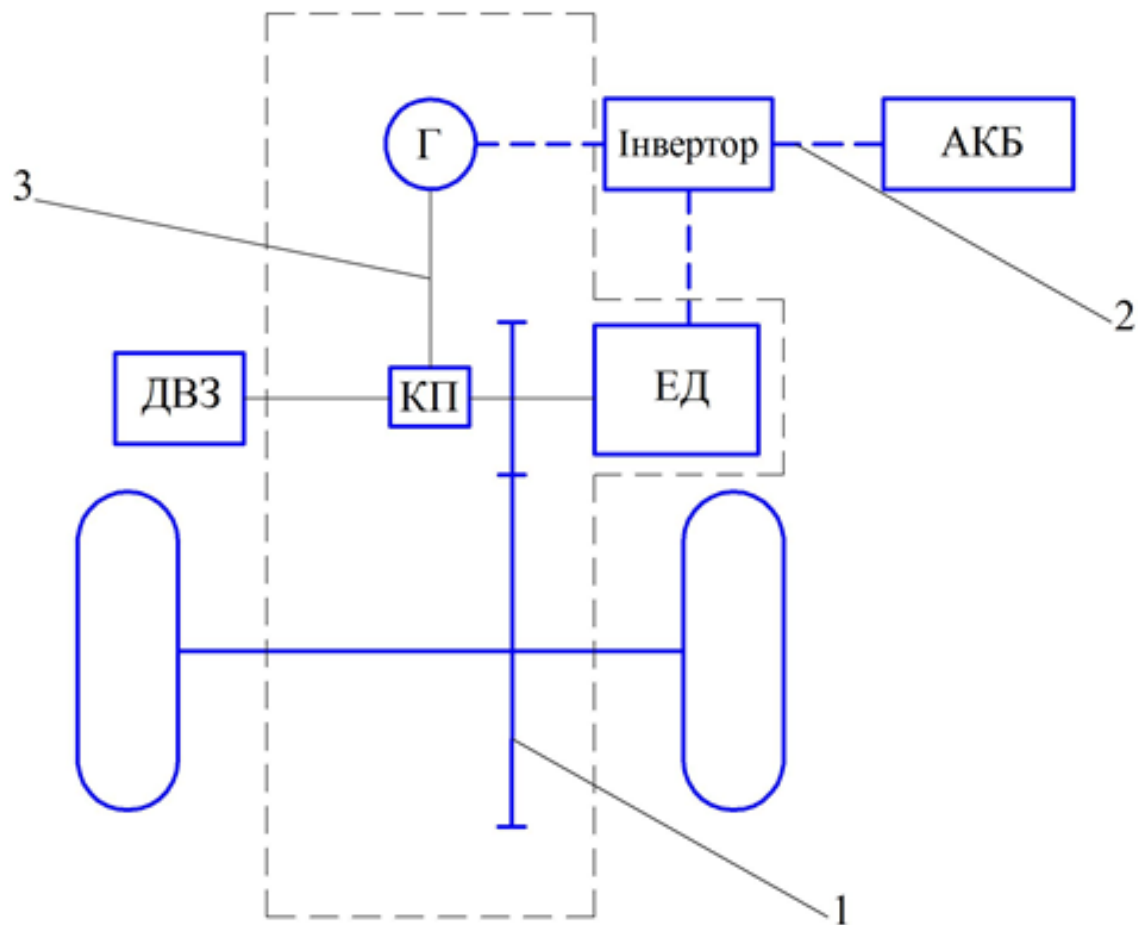
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння; Г – генератор; ЕД – електродвигун; КП – коробка передач; ГП – головна передача; АКБ – акумуляторна батарея

Рисунок 8 – Послідовна схема силової установки гібридного автомобіля



ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння; ДГ – двигун-генератор; КП – коробка передач; ГП – головна передача; АКБ – акумуляторна батарея

Рисунок 9 – Паралельна схема силової установки гібридного автомобіля



1 – понижуюча передача; 2 – електричні з'єднання; 3 – механічні з'єднання

Рисунок 10 – Послідовно-паралельна схема силової установки гібридного автомобіля

АНАЛІТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV

Таблиця 1 – Технічна характеристика Mitsubishi Outlander PHEV

Назва параметра	Значення
Колісна формула	4x4
Повна маса, кг	2390
Число місць	5
Діаметр циліндра, мм	88
Хід поршня, мм	97
Міра стиску	11,8
Максимальна швидкість, км/год	175
Запас ходу на електриці, км	83-87
Максимальна потужність, кВт	185
Потужність електродвигуна, кВт	85
Максимальний крутний момент, Н·м	450
Крутний момент електродвигуна, Н·м	255
Двигун, об'єм	L4, 2,4
Тип АКБ	Li-Ion
Габаритні розміри, мм	4710x1862x1682

Витрату палива на зупинках розраховуємо за формулою: $Q_{зуп.} = Q_{Lx} \cdot t_{зуп.}$, л (1)

Витрата палива на ділянках з використанням електричних двигунів: $Q_{ел.і} = \frac{\xi_{емін} \cdot N_{ел.і} \cdot t_{ел.і}}{3,6 \cdot \rho_n}$, л (2)

Витрата палива при роботі гібридного автомобіля тільки на ДВЗ: $Q_{ДВЗ} = Q_L \cdot t_p$, л (3)

Сумарні витрати палива гібридної силової установки: $Q_{SG} = \frac{Q_{зуп.} + Q_{ел.} + Q_{ДВЗ}}{S_{ГЦ}}$, л/км (4)

Річна витрата палива гібридного автомобіля: $Q_{SG}^P = Q_{SG} \cdot L_p$, л/рік (5)

Річна витрата палива автомобіля з ДВЗ: $Q_S^P = \left[\frac{Q_{зуп.} + Q_{ДВЗ} \cdot (t_{ел.і} + t_p)}{S_{ГЦ}} \right] \cdot L_p$, л/рік (6)

Економію палива, при використанні гібридної силової установки: $\Delta Q_S = Q_S^P - Q_{SG}^P$, л/рік (7)

Річна економія коштів, при використанні гібридної силової установки: $\Delta E = \Delta Q_S \cdot C_n$, грн/рік (8)

Терміну окупності гібридної силової установки: $T_{ок.} = \frac{\Delta C_{Г}}{\Delta E}$, років (9)

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV

11

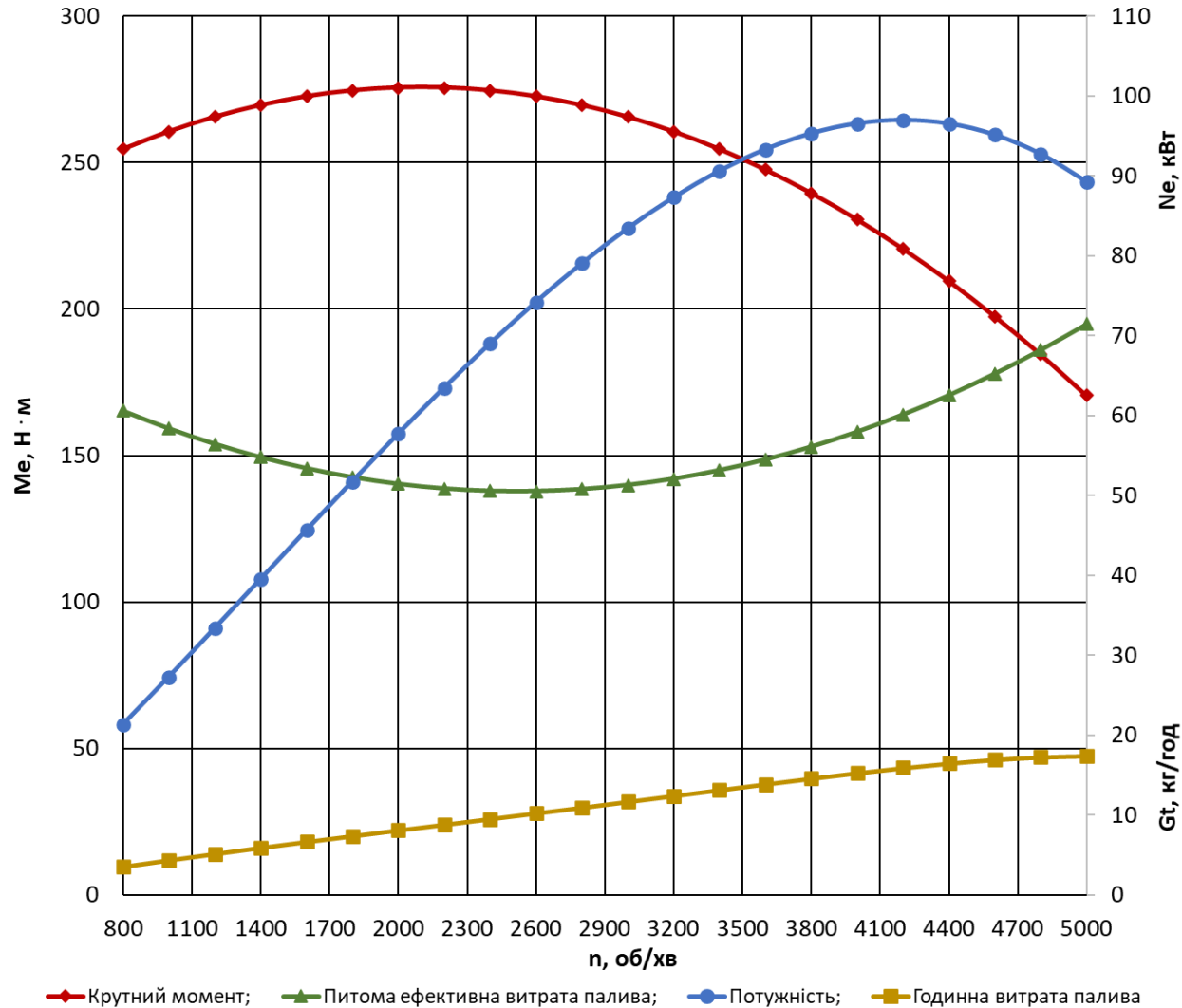
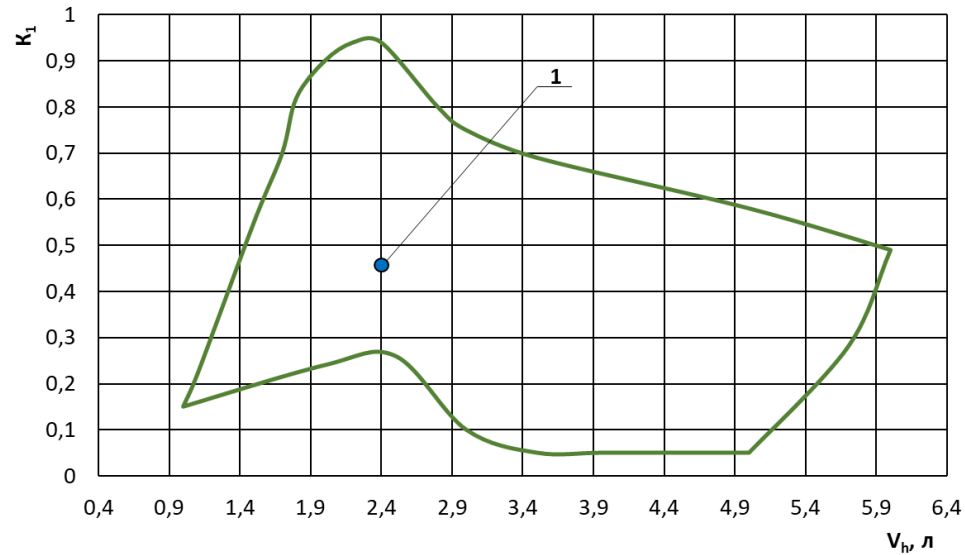
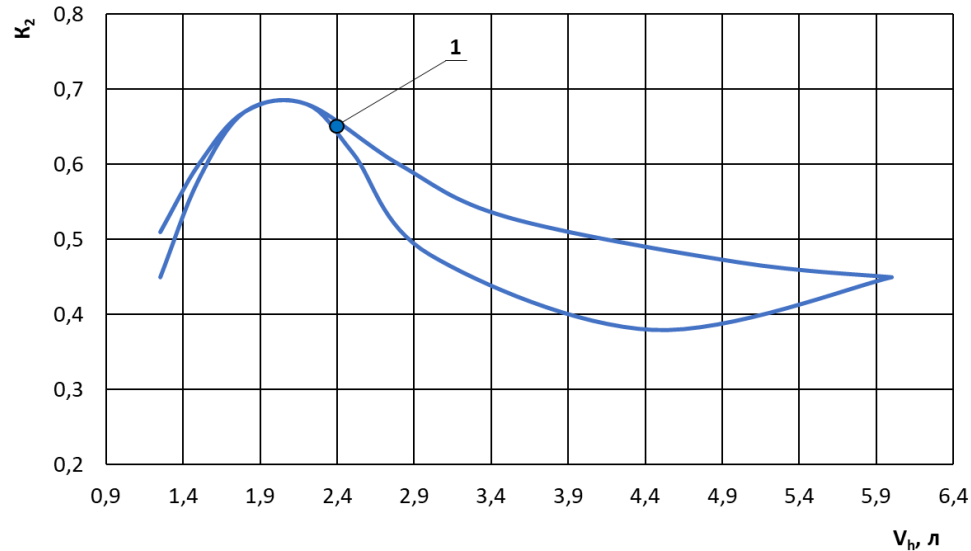


Рисунок 11 – Залежність зміни крутного моменту M_e , потужності N_e , питомої ефективної витрати палива g_e та годинної витрати палива G_t на різних режимах роботи

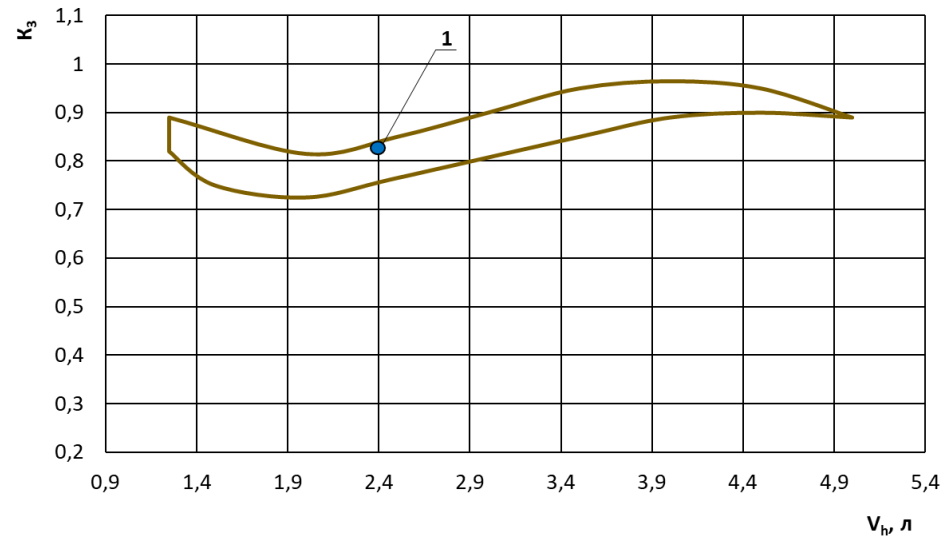


1 – значення коефіцієнта K_1 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

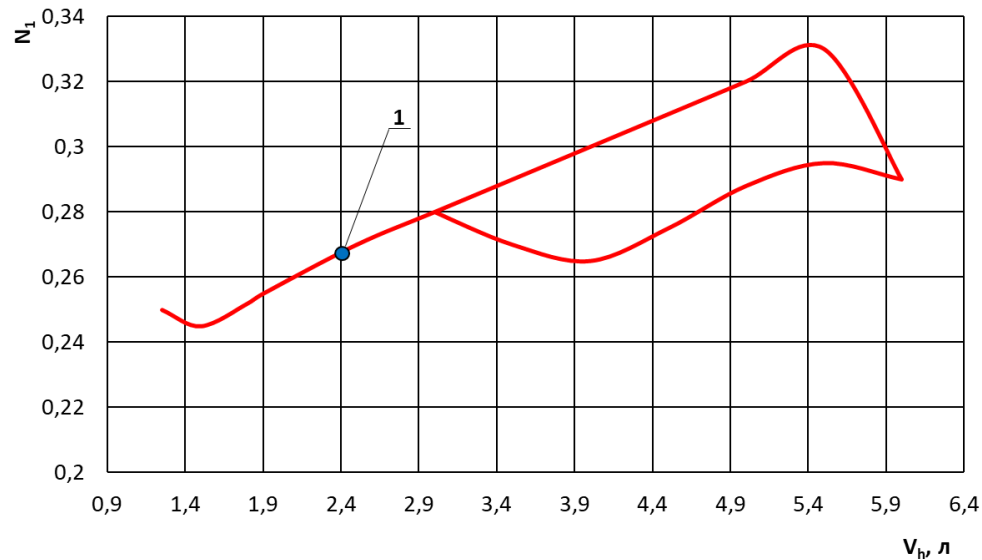


1 – значення коефіцієнта K_2 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

Рисунок 12 – Значення коефіцієнтів K_1 та K_2 залежно від робочого об'єму V_h ДВЗ у різних гібридних автомобілів



1 – значення коефіцієнта K_3 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л



1 – значення коефіцієнта N_1 для автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

Рисунок 13 – Значення коефіцієнтів K_3 та N_1 залежно від робочого об'єму V_h ДВЗ у різних гібридних автомобілів

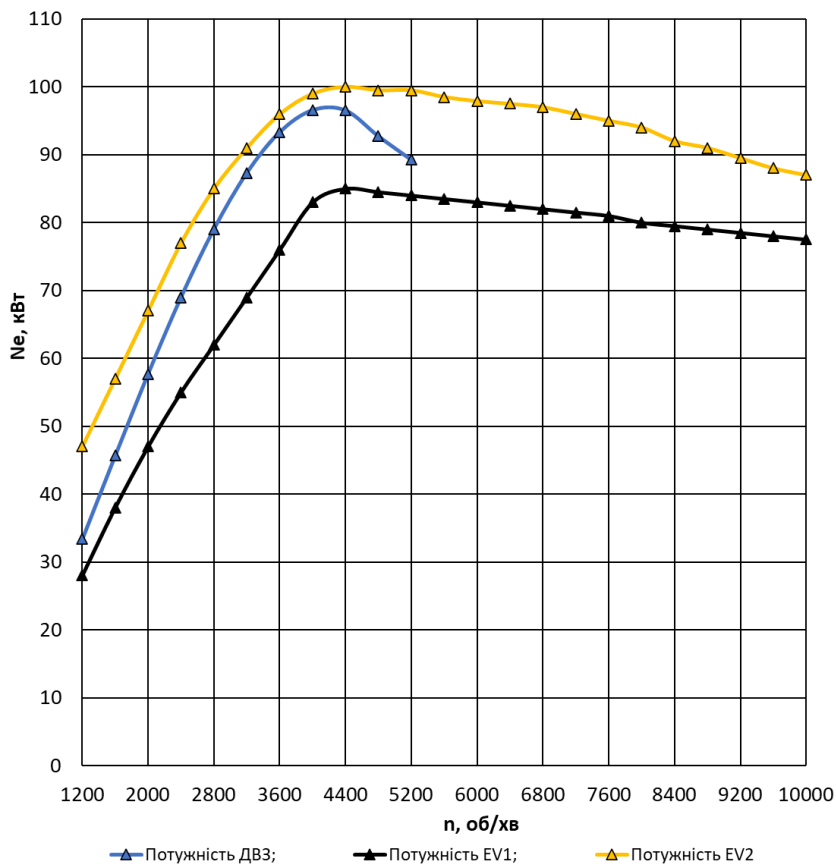


Рисунок 14 – Графіки порівняння потужності між електродвигунами та ДВЗ автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

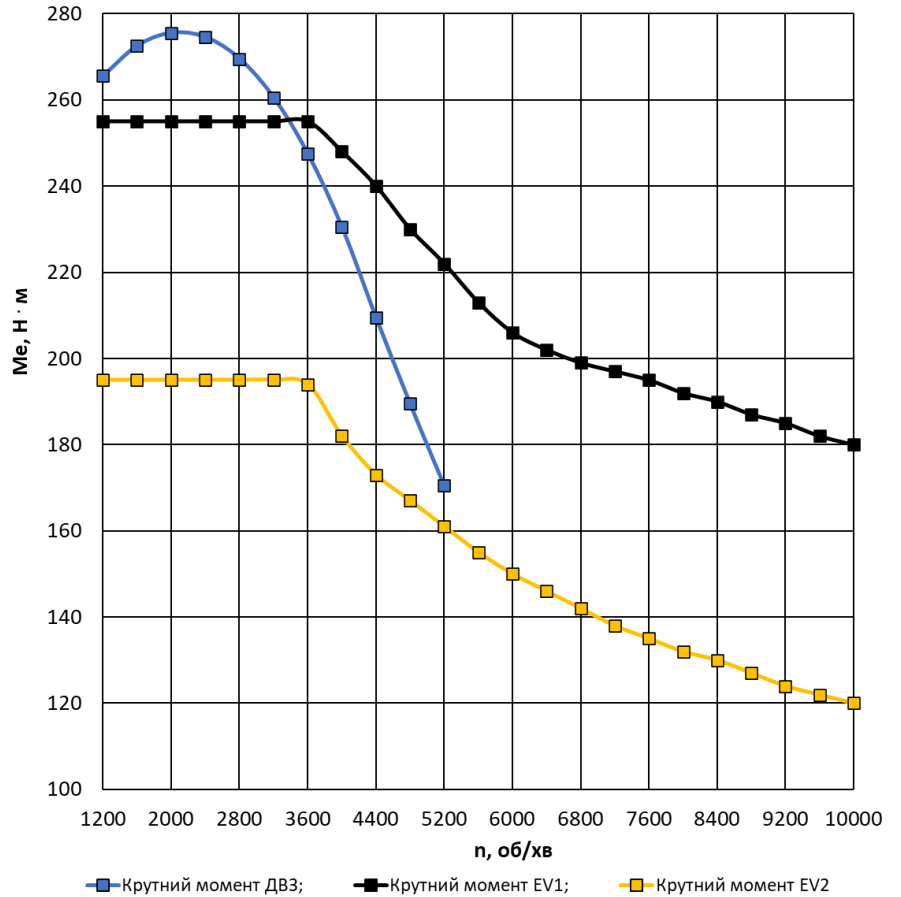


Рисунок 15 – Графіки порівняння крутного моменту між електродвигунами та ДВЗ автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л

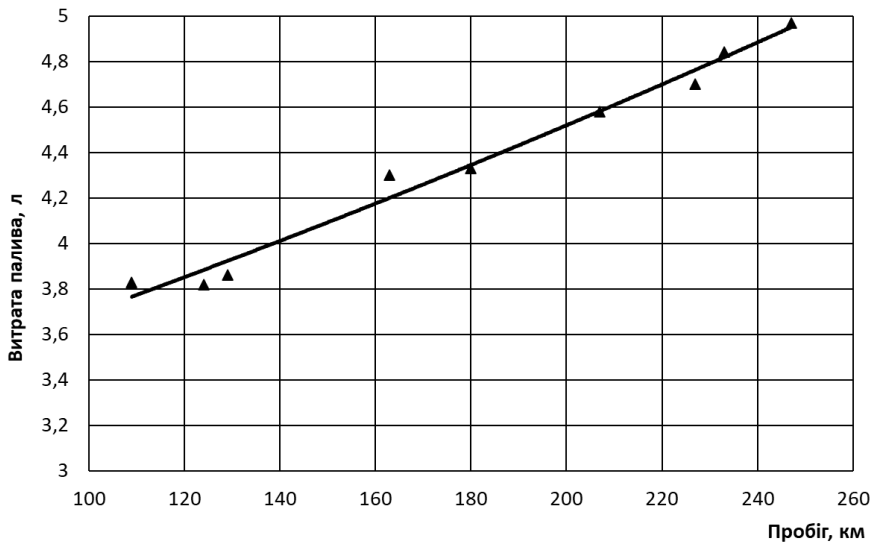


Рисунок 16 – Витрата палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при міському циклі їзди із зарядженим акумулятором

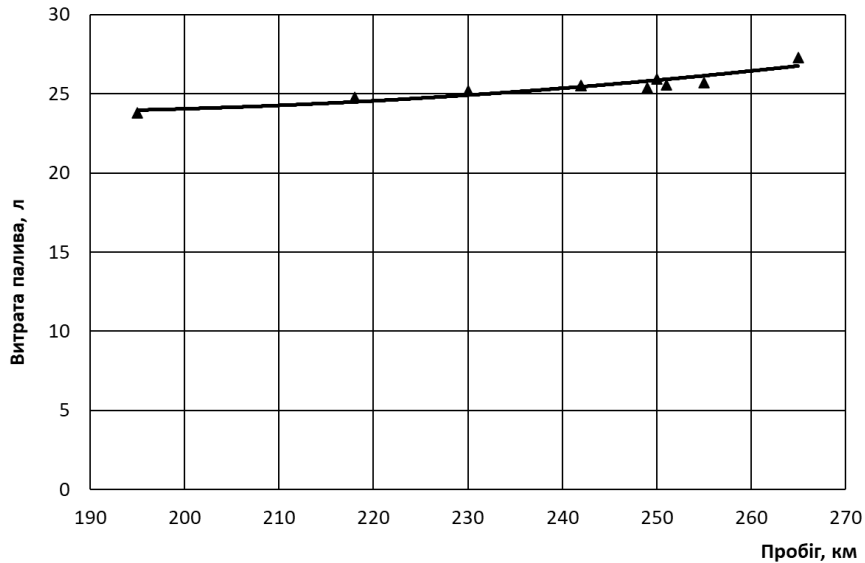


Рисунок 18 – Витрата палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при змішаному циклі їзди із розрядженим акумулятором

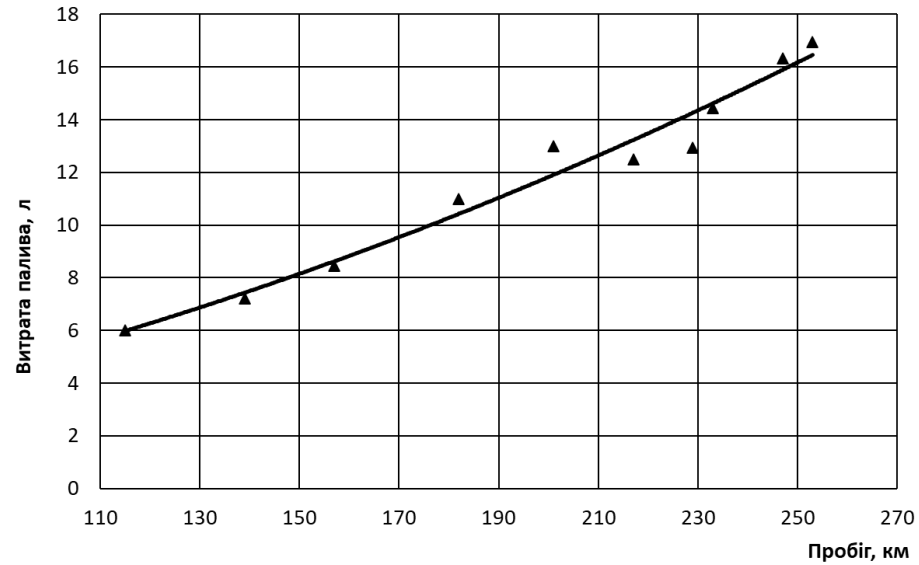


Рисунок 17 – Витрата палива автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV при змішаному циклі їзди із зарядженим акумулятором

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЯ MITSUBISHI OUTLANDER PHEV

16

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV

Назва параметру	Одиниці	Значення
Сумарний пройдений шлях гібридного автомобіля	км	179,9
Сумарний час зупинок	год	0,08
Час руху на електротязі	год	0,97
Час руху на ДВЗ	год	1,3
Різниця в ціні гібридного автомобіля та автомобіля з ДВЗ	грн	160000
Мінімальна питома витрата палива	г/(кВт · год)	137,8
Номінальна потужність електро-двигунів	кВт	185
Годинна витрата палива	кг/год	17,4
Ціна палива	грн/л	55

Таблиця 3 – Результати розрахунку економічної ефективності використання автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV

Назва параметру	Одиниці	Значення
Витрата палива на зупинках	л	1,39
Витрата палива на ділянках з використанням електричних двигунів	л	9,54
Витрата палива на ДВЗ	л	22,62
Сумарні витрати палива гібридної силової установки	л/км	0,1865
Сумарна річна витрата палива гібридного автомобіля	л/рік	5200,59
Річна витрата палива автомобіля не обладнаного гібридною установкою	л/рік	6337,95
Річна економія палива	л/рік	1137,36
Річна економія коштів	грн./рік	62554,71
Термін окупності гібридної силової установки	років	2,56

В магістерській роботі мною виконано дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV в умовах станції технічного обслуговування.

В першому розділі на основі аналізу літературних джерел нами встановлено, що гібридні автомобілі покращують економію палива та зменшують кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. У виробництві автомобіля використовуються композитні матеріали, такі як вуглецеве волокно, або легкі метали, такі як алюміній та магній, що робить автомобіль легшим, і для розгону та підтримки заданої швидкості потрібно менше енергії.

Згідно досліджень літературних джерел основним критерієм класифікації гібридних автомобілів є принципова схема, від якої залежить їх компоновка. До схем компоновки гібридних автомобілів відносяться: паралельна, послідовна та змішана схема компонування.

Хоча електромобілі мають високу перспективу щодо майбутнього, використання гібридних автомобілів є перехідним етапом, що буде розвиватися у найближчому майбутньому.

У другому розділі роботи наведені аналітичні основи дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV, а саме загальна будова та технічна характеристика автомобіля, методологія дослідження паливної економічності гібридного автомобіля за допомогою їздового циклу.

Результати дослідження паливної економічності гібридного автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV наведено у третьому розділі.

За результатами аналітичних дослідження паливної економічності на основі аналізу ЗШХ Mitsubishi Outlander PHEV нами встановлено, що, при збільшенні частоти обертання колінчатого валу ефективна потужність спочатку збільшується за рахунок збільшення частоти циклів, а потім, після досягнення максимального значення, зменшується за рахунок погіршення умов наповнення циліндрів та збільшення механічних втрат.

Отже, для забезпечення максимальної економічності двигуна Mitsubishi Outlander 2,4 у складі гібридної силової установки його потужність необхідно знижувати на 23,4 % до 74 кВт.

Для порівняльної оцінки економічності гібридних автомобілів нами використано:

-коефіцієнт K_1 , який характеризує відношення потужностей електродвигуна і ДВЗ гібридних автомобілів, що для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_1=0,46$;

-коефіцієнт K_2 , який характеризує співвідношення величин крутних моментів електродвигуна і ДВЗ, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_2=0,66$;

-коефіцієнт K_3 , який характеризує співвідношення потужності ДВЗ до сумарної потужності силової установки, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $K_3=0,82$;

-коефіцієнт N_1 , що характеризує співвідношення сумарної потужності силової установки до повної маси автомобіля, для автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV $N_1=0,265$.

Я нами встановлено, електродвигуни мають ідеальні характеристики для використання в транспортному засобі завдяки більш постійній потужності у всіх діапазонах швидкості, більш стабільному крутному моменту на низьких швидкостях, що забезпечує для прискорення та рух на підйомах.

З проведених досліджень автомобіль Mitsubishi Outlander PHEV виконав 9 циклів міської їзди із загальним пробігом 1619 км та витратою палива 39,23 л, при цьому середнє значення витрати палива на 100 км становить 2,42 л. Згідно інструкції заводу виробника, цей показник становить від 0,8 до 2,3 л/100 км. Отримані нами значення витрати палива є досить близькими до заводських, це пояснюється тим, що в процесі досліджень не вмикалися додаткові пристрої, такі як система опалення, освітлення та ін.

За результатами досліджень 10 змішаних циклів їзди автомобіля Mitsubishi Outlander PHEV із загальним пробігом 1973 км встановлено середню витрату палива 6,02 л на 100 км. Отримані нами значення витрати палива відображають пробіги автомобіля де активно використовується ДВЗ, оскільки заряду АКБ є недостатньо.

При русі автомобіля на значні відстані де активно використовується ДВЗ витрата палива становить 10,63 л на 100 км.

Отже, з результатів досліджень, для забезпечення економічності, схема роботи гібрида Mitsubishi Outlander PHEV 2,4 л має використовувати електродвигун тільки на низьких і середніх навантаженнях міського та магістрального циклів.

Використання гібридної силової установки на автомобілі Mitsubishi Outlander PHEV забезпечує річну економію палива – 1137,36 л, за сумарного річного пробігу автомобіля 27884,5 км.

За додаткової вартості гібридної силової установки 160000 грн і за економії 62554,71 грн на паливі в рік термін її окупності становить 2 роки та 6 місяців.