

**НАУКОВА РОБОТА**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»**

**НАПРЯМ КОНКУРСУ «АВТОМОБІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА»**

**НА ТЕМУ:**

**«ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ  
АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ»**

## АНОТАЦІЯ

На сучасному етапі розвитку науки, техніки та технологій досить швидкими кроками здійснюється розвиток електричного транспорту. Здійснюючи аналіз літературних джерел, щодо переваг та недоліків автомобілів з електричним приводом часто можна зустріти твердження, щодо низької вартості технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом. На перший погляд обсяг робіт по технічному обслуговуванню автомобілів з електричним приводом значно менший ніж у транспортного засобу з двигуном внутрішнього згорання, однак під час аналізу вартості технічного обслуговування автомобіля з електричним приводом необхідно врахувати ряд чинників: якщо врахувати трудомісткості робіт, вартість замінників, вартість нового автомобіля, періодичність технічного обслуговування, вартість конкретних видів робіт ТО, витрати на паливо. Лише врахування усіх чинників, які відіграють значну роль у системі експлуатації автомобілів з електричним приводом, дасть можливість реально оцінити вигоду від експлуатації транспортних засобів з певним типом двигуна.

Актуальність обраної теми полягає у відсутності досліджень витрат пов'язаних з експлуатацією автомобілів з електричним двигуном з врахуванням чинників, які мають місце під час усього періоду експлуатації автомобіля.

Методи досліджень, які застосовувалися під час виконання роботи, засновані на основних положеннях технічної експлуатації автомобілів, методах обробки статистичних та експериментальних даних, методах математичного моделювання. Дослідження проводилися з використанням персонального комп'ютера та сучасного програмного забезпечення.

Метою роботи є дослідження режимів технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом та визначення витрат на експлуатацію цих автомобілів з ціллю визначення ефективності їх експлуатації.

Об'єктом досліджень є режими технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом.

Предметом досліджень є вплив вартості технічного обслуговування автомобілів з електричними двигунами на загальну вартість експлуатації автомобілів.

Завдання роботи:

- провести аналіз ринку автомобілів з електричним приводом та перспективи його розвитку;

- провести аналіз переліків обов'язкових робіт з технічного обслуговування автомобілів з електричними двигунами та з двигунами внутрішнього згоряння, здійснити їх порівняння;

- здійснити розрахунок витрат на експлуатацію автомобілів та встановити їх структуру;

- встановити ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом.

Науково-практичну цінність становлять:

- застосований підхід до розрахунку витрат на експлуатацію автомобілів, який враховує усі суттєві витрати;

- визначена структура витрат на експлуатацію автомобілів, яка дає можливість здійснювати їх оптимізацію, тим самим підвищуючи ефективність експлуатації транспортних засобів.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися на X студентській науково-технічній конференції машинобудівного факультету “Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті” [1].

На захист виносяться такі положення досліджень: застосований підхід до розрахунку витрат на експлуатацію автомобілів, який враховує усі суттєві витрати; результати досліджень витрат на експлуатацію автомобілів, які доводять, що витрати на експлуатацію автомобілів з електричним приводом є дещо вищими порівняно з двигунами внутрішнього згоряння, однак за умови зменшення вартості цих автомобілів, їх перевага стає очевидною.

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Регламент технічного обслуговування автомобілів. ....	6
1.1 Дослідження процесів технічного обслуговування автомобілів. ....	6
1.2 Відмінності в технічному обслуговування і ремонті електромобілів. ....	6
1.3 Періодичність обслуговування електромобілів. ....	8
1.4 Аналіз регламенту технічного обслуговування автомобілів. ....	14
2 Розрахунок витрат на експлуатацію та технічне обслуговування автомобілів. ....	16
2.1 Витрати на експлуатацію автомобіля Nissan Leaf .....	16
2.2 Витрати на експлуатацію автомобіля Hyundai i30 .....	19
2.3 Витрати на експлуатацію автомобіля Renault Zoe. ....	21
2.4 Витрати на експлуатацію автомобіля Peugeot 208. ....	23
2.5 Аналіз витрат на експлуатацію автомобілів .....	25
Висновки. ....	29
Перелік джерел посилання .....	30
Додатки. ....	35

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки, техніки та технологій досить швидкими кроками здійснюється розвиток електричного транспорту. Здійснюючи аналіз літературних джерел, щодо переваг та недоліків автомобілів з електричним приводом часто можна зустріти твердження, щодо низької вартості технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом. На перший погляд обсяг робіт по технічному обслуговуванню автомобілів з електричним приводом значно менший ніж у транспортного засобу з електричним приводом, однак під час аналізу вартості технічного обслуговування автомобіля з електричним приводом необхідно врахувати ряд чинників: якщо врахувати трудомісткості робіт, вартість замінників, вартість нового автомобіля, періодичність технічного обслуговування, вартість конкретних видів робіт ТО, витрати на паливо. Лише врахування усіх чинників, які відіграють значну роль у системі експлуатації автомобілів з електричним приводом, дасть можливість реально оцінити вигоду від експлуатації транспортних засобів з певним типом двигуна. Оскільки методи даної роботи є оцінка витрат на експлуатацію та технічне обслуговування в подальшому розглядатимуться лише автомобілі з двигунами внутрішнього згорання та автомобіля з електричними двигунами. Гібридні транспортні засоби не розглядаються, оскільки сумарні витрати на їх експлуатацію міститимуть частини витрат автомобілів з обома видами двигунів.

# 1 РЕГЛАМЕНТ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

## 1.1 Дослідження процесів технічного обслуговування автомобілів

Питання технічного обслуговування досить активно вивчається провідними науковцями України та світу. Так, у роботі [2] висвітлюється питання перспектив експлуатації автомобілів з електричним приводом. Проблеми експлуатації автомобілів з електричним приводом розглядаються у роботах [3 – 9]. Певні результати досліджень підтверджують ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом [10 – 13]. Вартість обслуговування автомобілів з електричним приводом розглядається у роботах [14 – 18]. Окрім того рід джерел стверджують про очевидну перевагу експлуатації автомобілів з електричним приводом [19 – 24]. Значна частина робіт проведена з метою оцінки ефективності експлуатації електричних автомобілів протягом всього життєвого циклу [24 – 26]. Разом з тим, вчені пропонують здійснювати оцінку ефективності експлуатації автомобілів для конкретних умов, зокрема для регіонів з різною вартістю факторів, які є визначальними [27, 28]. Таким чином встановлено розбіжності щодо ефективності та переваг експлуатації автомобілів з електричними двигунами, тому доцільно провести відповідні дослідження, з метою встановлення витрат на експлуатацію автомобілів в Україні.

## 1.2 Відмінності в технічному обслуговування і ремонті електромобілів

Технічне обслуговування електромобілів практично не відрізняється від автомобілів з двигунами внутрішнього згорання, за істотним винятком того, що стосується силової установки, її допоміжних систем і трансмісії.

У конструкції електромобілів використовуються такі ж ходова частина і підвіска, колісні приводи, ті ж основні компоненти системи рульового управління, гальмування, освітлення і багато інших. У цій частині періодичність і обсяг перевірочних, регулювальних і ремонтних операцій практично не відрізнятимуться.

Відмінності в конструкцію вносить наявність системи рекуперації. У цьому конструктивному виконанні значно знижується навантаження на штатну гальмівну систему - диски і колодки зношуються набагато менше, а це означає, що істотно збільшується термін їх служби. Також наявна тенденція заміни гідравлічних підсилювачів рульового управління електричними. У системі опалення салону звичне рішення на основі радіатора від системи охолодження двигуна з вентилятором замінено на електричний опалювач по типу фена з нитками нагріву або системі з тепловим насосом. Для експлуатації в зимовий період в регіонах з холодним або дуже холодним кліматом електромобілі можуть бути оснащені компактним автономним обігрівачем на рідкому паливі на додаток до штатної системі обігріву. Деякі електричні агрегати шляхом відповідної зміни конструкції можуть бути з звичних для бортової мережі легкових автомобілів 12 В переведені на живлення від ланцюгів більш високого рівня напруги. У найближчі роки технічні рішення в конструкції транспортних засобів з повністю електричними силовими установками будуть оптимізуватися, віддаляючись від сформованих на сьогоднішній день рішень під двигуни внутрішнього згоряння.

Що ж стосується самого силового агрегату і трансмісії, то тут відмінності в технічному обслуговуванні електромобілів найбільш значні. На зміну двигуна внутрішнього згоряння з великим числом деталей які зношуються і вимагають регулярної заміни витратних компонентів приходять простий по конструкції електродвигун, який практично не потребує обслуговування. Це дуже вигідно для автовласників, адже обсяг, складність і вартість технічного обслуговування електромобілів істотно нижче, ніж автомобілів з ДВЗ. Так, наприклад, тепер з програми регламентного обслуговування виключені витратні для автовласника і дохідні для автосервісу позиції як заміна моторного масла і масляного фільтра; заміна повітряного фільтра двигуна; заміна паливного фільтра; перевірка, регулювання натягу або заміна привідних ременів допоміжних агрегатів; перевірка, регулювання або заміна компонентів приводу газорозподільного механізму (ГРМ); заміна свічок запалювання; заміна ATF в АКПП або трансмісійного масла в МКПП.

По суті, в список регулярних робіт з технічного обслуговування електромобіля входять роботи: перевірка рівня і, при необхідності - доливка або заміна рідин (гальмівна система, охолодження акумулятора, редуктор); перевірка гальмівних магістралей і електричних кабелів; діагностика підвіски і ходової частини; перестановка коліс; регулювання кутів установки коліс; перевірка стану і заміна гальмівних колодок; перевірка пильників приводів коліс; заміна салонного фільтра; комп'ютерна діагностика, в тому числі перевірка стану високовольтної батареї.

Скорочуються також і масштаби поточного ремонту (ПР) при тривалій експлуатації.

Конструкція електромобілів з істотно меншою кількістю компонентів позитивно позначилася на надійності і знайшла відображення в гарантійних умовах автовиробників. Так, наприклад, офіційна гарантія на легковий автомобіль Tesla Model S становить 4 роки або 80 000 км пробігу. Гарантія на акумуляторну батарею і електродвигун Tesla - 8 років незалежно від пробігу. Інший приклад з бюджетного сегмента так само підтверджує високу надійність електрокарів: гарантія на батарею Nissan Leaf на старті продажів була 5 років, а в даний час збільшено до 8 років або 160 000 км.

### 1.3 Періодичність обслуговування електромобілів

Все вищеписане створює умови для суттєвого збільшення інтервалів технічного обслуговування електромобілів, в порівнянні з встановленими зараз для автомобілів з двигунами внутрішнього згорання одним роком або десятьма-п'ятнадцятьма тисячами кілометрів пробігу, в залежності від того, що настане раніше. Обслуговування електромобіля переважно складають операції, заміна матеріалів і запчастин при яких проводиться не рідше ніж раз на кілька десятків тисяч кілометрів пробігу. До таких операцій, на нинішньому етапі розвитку конструкції автомобілів з електромоторами, поки ставляться:

- заміна гальмівної рідини - раз на два роки або 40 000 - 60 000 км;



- заміна антифризу в системі охолодження блоку батарей - раз в п'ять років, якщо автовиробник не встановив інше;

- заміна гальмівних колодок і дисків (якщо в електромобілі є система рекуперації, то пробіг до заміни гальмівних дисків легко може перевищити 100 000 кілометрів).

У напрямку збільшення міжсервісних інтервалів для електрокарів є реальні результати. Наприклад, згідно з європейського Керівництва по експлуатації періодичність обслуговування електромобіля Tesla Model S - через кожні 12 місяців або 20 000 кілометрів пробігу.

Відносно замінних матеріалів все цілком очікувано. Заміна гальмівної рідини в Tesla - кожні 2 роки або 40 000 км. Заміна охолоджуючої рідини акумуляторної батареї - кожні 4 роки або 80 000 км, в залежності від того, що настане раніше. Примітно, що автовиробник забороняє самостійну заміну охолоджуючої рідини високовольтної батареї.

Варто відзначити, що Керівництво по експлуатації Tesla Model S містить необхідність перестановки коліс кожні 8 000 км пробігу [29]. Для Nissan Leaf його виробник встановив іншу періодичність ротації коліс - кожні 12 000 км. Безумовне правило обслуговування техніки полягає в тому, що необхідно дотримуватись рекомендацій конкретного виробника на конкретну модель транспортного засобу, адже в більшості випадків рекомендації базуються на особливостях конструкції і реальні властивості застосовуваних матеріалів. Навіть в рекомендаціях щодо заміни гальмівної рідини або антифризу є деякі відмінності.

При переведенні автопарку на електромобілі також потрібно переобладнати ремонтну базу. Нового обладнання і оснастки для обслуговування електромобілів буде потрібно мінімум. Перш за все потрібно відповідне діагностичне обладнання, деякий спеціальний інструмент та індивідуальні засоби захисту від ураження механіків електричним струмом. Діагностичне обладнання Bosch вже підтримує роботу з електромобілями. Наприклад, з такими як Nissan Leaf або Renault ZOE воно працює в повній мірі. Природним чином скоротяться займані площі складів через зниження обороту, і, відповідно, запасу, олів і фільтрів.

Варто відзначити, що автовиробники підтримують політику професійного обслуговування електромобілів. Наочний приклад цього з заборonoю самостійно доливати рідину в систему охолодження акумуляторів викладено вище. Обґрунтовані категорично вони відносно високовольтної електричної частини. Пов'язано це з тим, що високовольтна система має свої блоки управління, які пов'язаний з бортовим комп'ютером (основним блоком управління) транспортного засобу. Втім, можливі й винятки, особливо в найпростіших за конструкцією електрокарах.

Через скорочення тривалості технічного обслуговування електромобілів і обсягу їх поточного і капітального ремонту суттєво збільшиться пропускна здатність основних робочих постів в ремонтних зонах. Вже сформована раніше ремонтна зона після переобладнання зможе обслуговувати набагато більшу кількість електромобілів, ніж це було при роботі з автомобілями на ДВЗ. У той же час повинні зменшитись витрати на обслуговування автопарку.

Обслуговування електромобілів, в порівнянні з машинами з ДВЗ, відрізняється збільшеними міжсервісними інтервалами, меншою кількістю операцій, меншим загальним часом перебування в сервісі, меншим складом і кількістю запчастин і витратних матеріалів. У сукупності це може призвести до суттєвого скорочення витрат на експлуатацію і скорочення простоїв рухомого складу під час ТО і ТР.

Щоденний огляд електромобіля має свої відмінності і складається з таких операцій, як перевірка рівня заряду високовольтної батареї; перевірка працездатності роботи зовнішніх світових приборів, звукового сигналу, покажчиків повороту, щіток і омивача вітрового скла; перевірка роботи гальмівної системи, стоянкового гальма; наявність слідів експлуатаційних рідин під автомобілем.

Методику ТО електромобіля необхідно розробляти відповідно до програми обслуговування рекомендованою заводом-виробником. Розглянемо програми обслуговування найрозповсюдженіших електромобілів в порівнянні з аналогічними ним по класу автомобілям з ДВЗ [30 – 38].

Nissan Leaf - електромобіль японського виробництва, випуск першого покоління якого почався в 2010 році. В якості двигуна автомобіль отримав електродвигун EM61 потужністю 110 кВт, а крутний момент досягає 320 Н·м. Всі автомобілі серії Leaf – передньопривідні. Тягова батарея літій-іонна. Її ємність 40 кВт·год, чого вистачає на 389 км пробігу. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики Nissan Leaf

Параметр	Показник
Тип кузова	Хетчбек
Клас автомобіля	С
Кількість дверей	5
Кількість місць	5
Тип двигуна	Трифазний синхронний електродвигун
Потужність двигуна, кВт	110
Крутний момент двигуна, Н·м	320
Потужність батареї, кВт·год	40
Запас ходу, км	389
Тип приводу	Передній
Тип трансмісії	Редуктор
Максимальна швидкість, км/год	157
Габарити кузова (Д х Ш х В), мм	4480 x 1790 x 1540
Колісна база, мм	2700
Кліренс, мм	150
Маса, кг	1580
Допустима повна маса, кг	1995
Вартість нового, \$	36500

Періодом сервісного обслуговування для заміни основних витратних матеріалів при проходженні ТО є пробіг в 15000 км або 1 рік експлуатації. Для автомобіля Nissan Leaf в загальному можна виділити перші два обслуговування, оскільки подальші дії технічного регламенту являються циклічними. Регламент робіт по обслуговуванню наведено в таблиці А.1 Додатку А.

Для порівняння з Nissan Leaf вибрано автомобіль Hyundai i30, хетчбек класу «С». Технічні характеристики наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Hyundai i30

Найменування показника	Значення
Тип кузова	Хетчбек
Клас автомобіля	C
Кількість дверей	5
Кількість місць	5
Тип двигуна	Рядний, 4-циліндровий, з наддувом
Тип палива	дизель
Об'єм двигуна, куб. см	1582
Екологічний тип двигуна	Євро-5
Витрата палива в змішаному циклі, л/100 км	4,4
Потужність двигуна, кВт (к. с.)	100 (136)
Крутний момент двигуна, Н·м	280
Об'єм паливного бака, л	53
Тип приводу	Передній
Тип трансмісії	МКПП
Максимальна швидкість, км/год	200
Габарити кузова (Д х Ш х В), мм	4300 x 1780 x 1480
Колісна база, мм	2650
Кліренс, мм	140
Маса, кг	1388
Допустима повна маса, кг	1880
Вартість нового, \$	20000

Періодом сервісного обслуговування для Hyundai i30 є пробіг в 15000 км або 1 рік експлуатації. Детально регламент наведено в таблиці А.2 Додатку А.

Renault Zoe – електромобіль французького автовиробника Renault був представлений 2010 року. Оснащується електродвигуном потужністю 65 кВт і крутним моментом 220 Н·м. Максимальний пробіг досягає 210 км. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики Renault Zoe

Найменування показника	Значення
Тип кузова	Хетчбек
Клас автомобіля	B
Кількість дверей	5
Кількість місць	5
Тип двигуна	Трифазний синхронний електродвигун
Потужність двигуна, кВт	65
Крутний момент двигуна, Н·м	220
Потужність батареї, кВт·год	22
Запас ходу, км	210
Тип приводу	Передній

Найменування показника	Значення
Максимальна швидкість, км/год	135
Габарити кузова (Д х Ш х В), мм	4084 x 1730 x 1562
Колісна база, мм	2588
Кліренс, мм	119
Маса, кг	1480
Допустима повна маса, кг	1966
Вартість нового, \$	32200

Програма обслуговування Renault Zoe складається з ТО-1 і ТО-2. ТО проводиться кожні 12000 км пробігу. Всі роботи по ТО-1 також проводяться і при ТО-2. Регламент робіт по ТО наведено в таблиці А.3 Додатку А.

Для порівняння з Renault Zoe обрано автомобіль Peugeot 208, хетчбек класу «В», технічні характеристики наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 Технічні характеристики Peugeot 208

Найменування показника	Значення
Тип кузова	Хетчбек
Клас автомобіля	В
Кількість дверей	5
Кількість місць	5
Тип двигуна	Рядний, 3-циліндровий
Тип палива	Бензин
Об'єм двигуна, куб. см	1199
Екологічний тип двигуна	Євро-6
Витрата палива в змішаному циклі, л/100 км	4,7
Потужність двигуна, кВт (к. с.)	62 (83)
Крутний момент двигуна, Н·м	118
Об'єм паливного бака, л	45
Тип приводу	Передній
Тип трансмісії	МКПП
Максимальна швидкість, км/год	171
Габарити кузова (Д х Ш х В), мм	3973 x 1739 x 1460
Колісна база, мм	2538
Кліренс, мм	123
Маса, кг	975
Допустима повна маса, кг	1550
Вартість нового, \$	14000

Програма обслуговування Renault Zoe складається з ТО-1 і ТО-2, які проводяться кожні 12000 км пробігу. Всі роботи по ТО-1 також проводяться і при ТО-2. Регламент робіт по ТО наведено в таблиці А.4 Додатку А.

Вартість обслуговування є важливим пунктом при виборі автомобіля. Вона залежить від трудомісткості робіт і ціни за нормогодини.

Трудомісткість технічного обслуговування – норми часу встановлює виробник автомобіля, з урахуванням конструктивних особливостей окремих моделей машин власного виробництва. Така інформація доступна дилерським станціям і авторизованим СТО безпосередньо від автовиробника. Застосування єдиних норм часу і технології робіт покликане гарантувати клієнтам обслуговування в будь-якому офіційному сервісі по одному стандарту.

Базовий механізм формування вартості послуг має такий вигляд: встановлена застосовуваним довідником на конкретну сервісну операцію норма часу множиться на затверджену вартість нормогодини. Варто відзначити, що іноді встановлені автовиробником норми коригують, щоб таким чином виправити явні помилки довідника. Також коригування нормогодин проводять спираючись на накопичений раніше власний досвід – створюється свій довідник базових норм, які беруть лише за основу. Вартість нормогодини на обслуговування автомобілів залежить від того знаходиться автомобіль на гарантії чи обслуговується в постгарантійний період. Вартість нормогодини на обслуговування автомобілів в гарантійному періоді частіше встановлюється в зниженому розмірі відносно постгарантійного обслуговування.

#### 1.4 Аналіз регламенту технічного обслуговування автомобілів

Для порівняння обсягів технічного обслуговування здійснено розрахунок кількості базових робіт протягом регламентного режиму експлуатації (одного циклу), а також приведено цю кількість обслуговування до 1000 км, тобто визначено кількість базових впливів на 1000 км. Окрім того базові роботи розділено на роботи, які передбачають обслуговування та роботи, які передбачають заміну елементів автомобіля. Результати розрахунків наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Порівняння базових робіт по технічному обслуговуванню автомобілів

Модель автомобіля	Кількість робіт, які передбачають			
	протягом циклу		на 1000 км	
	обслуговування	заміну	обслуговування	заміну
Nissan Leaf	136	8	9,1	0,5
Hyundai i30	140	34	9,3	2,3
Renault Zoe	149	16	12,4	1,3
Peugeot 208	170	48	14,2	4,0

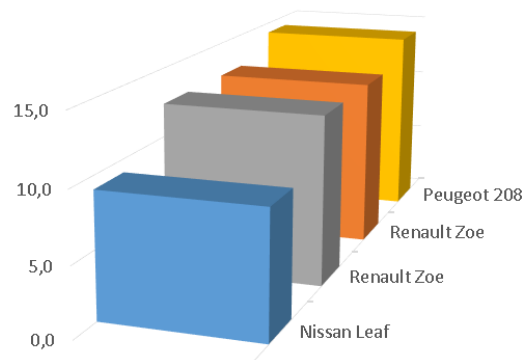


Рисунок 1.1 – Кількість робіт щодо технічного обслуговування автомобілів з ДВЗ та електричним двигуном, приведена до 1000 км.

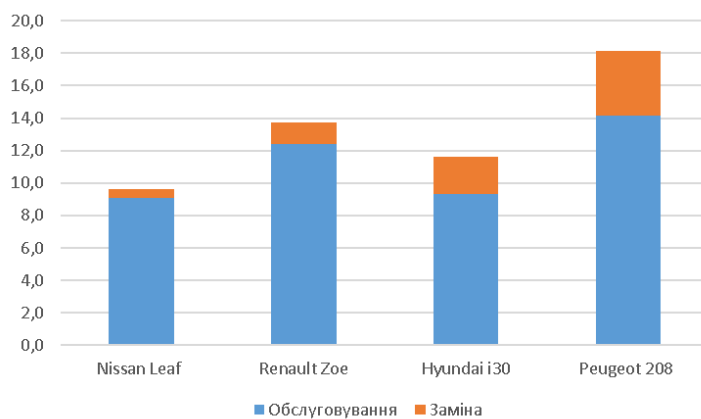


Рисунок 1.2 – Накопичувальний графік кількості робіт щодо технічного обслуговування автомобілів з ДВЗ та електричним двигуном, приведених до 1000 км.

Як видно з таблиці 1.9 суттєво відрізняється кількість робіт по заміні елементів, витратних та експлуатаційних матеріалів, в той же час кількість робіт щодо технічного обслуговування відрізняються незначно (див. рис. 1.1, 1.2).

## 2 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

### 2.1 Витрати на експлуатацію автомобіля Nissan Leaf

З метою визначення внеску різних витрат у сумарні витрати на експлуатацію автомобіля їх доцільно розділити на групи:

- вартість нового автомобіля,  $Z_a$ ;
- пробіг автомобіля до капітального ремонту,  $L_{кр}$  або ресурс автомобіля, визначається кількістю технічних обслуговувань, яка наведена у сервісній книжці автомобіля, з врахуванням пробігу після останнього ТО;
- витрати на паливо для забезпечення пробігу автомобіля до капітального ремонту,  $Z_{нал.}$ ;
- кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення,  $Z_{ТО}$ ;
- вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО,  $Z_{вит.мат.}$ .

Таким чином затрати на експлуатацію автомобіля  $Z_{\Sigma}$  визначатимуться:

$$Z_{\Sigma} = Z_a + Z_{нал.} + Z_{ТО} + Z_{вит.мат.} \quad (1)$$

З метою можливості порівняння затрат пропонується використати питомі затрати на експлуатацію автомобілів на один кілометр пробігу:

$$Z_{пит} = \frac{Z_{\Sigma}}{L_{кр}} \quad (2)$$

Таким чином оперуючи питомими затратами на експлуатацію автомобілів з'являється можливість здійснювати динамічні дослідження затрат, виявляючи при цьому екстремуми функції, а також визначати найбільш раціональні терміни експлуатації автомобілів.



Окрім того, з метою визначення впливу внеску кожного чинника на вартість експлуатації транспортного засобу доцільно застосувати питомі показники по кожному виду затрат:

$$Z_{\text{нит}} = \frac{Z_{\Sigma}}{L_{\text{кр}}} = \frac{Z_a}{L_{\text{кр}}} + \frac{Z_{\text{нал.}}}{L_{\text{кр}}} + \frac{Z_{\text{ТО}}}{L_{\text{кр}}} + \frac{Z_{\text{вит.мат.}}}{L_{\text{кр}}} \quad (3)$$

Такий підхід дозволить здійснювати оптимізацію затрат по кожному виду, а також полегшить пошук шляхів зменшення загальних витрат або збільшення пробігів транспортних засобів.

В результаті проведених досліджень визначено стратегію досліджень та критерії порівняння затрат на експлуатацію транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння та з електричними двигунами.

Розрахуємо витрати на експлуатацію автомобілів на протязі пробігу 300000 км. За умовою Nissan Leaf та Hyundai i30 експлуатуються в службі таксі, а Renault Zoe і Peugeot 208 є особистими автомобілями.

Nissan Leaf. Витрата електроенергії – 10,5 кВт·год /100 км. Оскільки даний автомобіль експлуатується підприємством, тому вартість електроенергії становить 2,09 грн/ кВт·год. Витрати електроенергію:

$$Z_{\text{нал.}} = 10,5/100 * 300000 * 2,09 = 65835 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення ТО. Вартість нормогодини під час гарантійного обслуговування – 400 грн. Після гарантійного обслуговування вартість нормогодини становить 500 грн. Вартість робіт і по ТО Nissan Leaf в таблиці 2.1.

Витрати на ТО1 під час гарантії:  $3 * 0,85 * 400 = 1020$  грн.

Витрати на ТО1 після гарантії:  $7 * 0,85 * 500 = 2975$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $3 * 1,25 * 400 = 1500$  грн.

Витрати на ТО2 після гарантії:  $7 * 1,25 * 500 = 4375$  грн.

В загальному за 300000 км пробігу 9870 грн.

Вартість витратних матеріалів в загальному за 300000 км:

$$10 * 170 + 10 * 520 = 6900 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.1 - Вартість робіт і витратних матеріалів Nissan Leaf

№	Найменування робіт	Кількість нормогодин
ТО1		
1	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
2	Діагностика батареї	0.02
3	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
4	Гальмівна рідина - перевірка	0.01
5	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.2
6	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
7	Шарові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.01
8	Стоянкова гальмівна система - перевірка	0.01
9	Рульовий механізм - перевірка	0.01
10	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.01
11	Рівень оливи в редукторі - перевірка	0.01
12	Заміна салонного фільтра	0.2
13	Система охолодження батареї - перевірка	0.03
14	Всі електричні системи - перевірка	0.1
15	Комп'ютерна діагностика стану авто	0.1
16	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
17	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	0.85
Вартість витратних матеріалів		
3	Салонний фільтр	170 грн
	Всього	170 грн
ТО2		
1	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
2	Діагностика батареї	0.02
3	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
4	Гальмівна рідина - заміна	0.3
5	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.2
6	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
7	Шарові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.01
8	Стоянкова гальмівна система - перевірка	0.01
9	Рульовий механізм – перевірка	0.01
10	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.01
11	Заміна оливи в редукторі	0.1
12	Заміна салонного фільтра	0.2
13	Система охолодження батареї - перевірка	0.03
14	Стан охолоджуючої рідини - перевірка	0.01
15	Всі електричні системи - перевірка	0.1
16	Комп'ютерна діагностика стану авто	0.1
17	Роз'єм зарядки - перевірка	0.01
18	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
19	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	1.25
Вартість витратних матеріалів		
1	Гальмівна рідина	150 грн
2	Салонний фільтр	200 грн
3	Олива в редуктор	170 грн
	Всього	520 грн

Таблиця 2.2 - Витрати на експлуатацію Nissan Leaf

Вартість нового автомобіля, $Z_a$	36500 \$
Пробіг автомобіля, $L_{кр}$	300000 км
Витрати на електроенергію, $Z_{нал.}$	65835 грн
Кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення, $Z_{ТО}$	9870 грн
Вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО, $Z_{вит.мат.}$	6900 грн

Затрати на експлуатацію автомобіля Nissan Leaf

$$Z_{\Sigma} = 876000 + 65835 + 9870 + 6900 = 958605 \text{ грн}$$

$$Z_{пит} = \frac{958605}{300000} = 3,19 \text{ грн/км.}$$

## 2.2 Витрати на експлуатацію автомобіля Hyundai i30

Hyundai i30. Витрата палива – 4,4 л/100 км.

Вартість дизельного палива – 25,5 грн/л.

Витрати на паливо:  $Z_{нал.} = 4,4/100 * 300000 * 25,5 = 336600$  грн.

Витрати на проведення ТО. Вартість нормогодини під час гарантійного обслуговування – 400 грн. Після гарантійного обслуговування вартість нормогодини становить 500 грн. Вартість робіт і по ТО Hyundai i30 в таблиці 2.3.

Витрати на ТО1 під час гарантії:  $3 * 1,87 * 400 = 2244$  грн.

Витрати на ТО1 після гарантії:  $7 * 1,87 * 500 = 6545$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $3 * 2,87 * 400 = 3444$  грн.

Витрати на ТО2 після гарантії:  $7 * 2,87 * 500 = 10045$  грн.

В загальному за 300000 км пробігу 22278 грн.

Вартість витратних матеріалів в загальному за 300000 км:  
 $10 * 2600 + 10 * 3510 = 61100$  грн.

Таблиця 2.3 - Вартість робіт і витратних матеріалів Hyundai i30

№	Список базових робіт	Кількість нормогодин
ТО1		
1	Повітряний фільтр - заміна	0.2
2	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
3	Стан АКБ	0.01

№	Список базових робіт	Кількість нормогодин
4	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
5	Гальмівна рідина/рідина приводу зчеплення - перевірка	0.01
7	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.1
8	Приводні ремені - перевірка	0.01
9	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
10	Вихлопна система - перевірка	0.01
11	Кульові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.1
13	Паливні магістралі і з'єднання - огляд	0.01
14	Стояночна гальмівна система - перевірка	0.01
15	Рульова рейка - перевірка	0.01
16	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.1
17	Рівень масла в МКПП - перевірка	0.05
18	Моторне масло и масляний фільтр - заміна	0.6
19	Салонний фільтр - заміна	0.2
20	Система охолодження двигуна - перевірка	0.01
22	Комп'ютерна діагностика авто	0.3
23	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
24	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	1.87
Вартість витратних матеріалів		
1	Повітряний фільтр	410 грн
2	Моторне масло	1700 грн
3	Масляний фільтр	320 грн
4	Салонний фільтр	170 грн
	Всього	2600 грн
ТО2		
1	Повітряний фільтр - заміна	0.2
2	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
3	Стан АКБ	0.01
4	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
5	Гальмівна рідина/рідина приводу зчеплення - перевірка	0.01
6	Повітряний фільтр паливного бака - заміна	0.4
7	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.1
8	Приводні ремені - перевірка	0.01
9	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
10	Вихлопна система - перевірка	0.01
11	Кульові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.1
12	Паливний фільтр - заміна	0.6
13	Паливні магістралі і з'єднання - огляд	0.01
14	Стояночна гальмівна система - перевірка	0.01
15	Рульова рейка - перевірка	0.01
16	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.1
17	Рівень масла в МКПП - перевірка	0.05
18	Моторне масло и масляний фільтр – заміна	0.6
19	Салонний фільтр - заміна	0.2
20	Система охолодження двигуна - перевірка	0.01
22	Комп'ютерна діагностика авто	0.3
23	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
24	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01

№	Список базових робіт	Кількість нормогодин
	Всього	2.87
Вартість витратних матеріалів		
1	Повітряний фільтр	410 грн
2	Моторне масло	1700 грн
3	Масляний фільтр	320 грн
4	Салонний фільтр	170 грн
5	Повітряний фільтр паливного бака	130 грн
6	Паливний фільтр	780 грн
	Всього	3510 грн

Таблиця 2.4 - Витрати на експлуатацію Hyundai i30

Вартість нового автомобіля, $Z_a$	20000 \$
Пробіг автомобіля, $L_{кр}$	300000 км
Витрати на паливо, $Z_{нал.}$	336600 грн
Кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення, $Z_{ТО}$	22278 грн
Вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО, $Z_{вит.мат.}$	61100 грн

Затрати на експлуатацію автомобіля Hyundai i30

$$Z_{\Sigma} = 480000 + 336600 + 22278 + 61100 = 899978 \text{ грн}$$

$$Z_{пит} = \frac{899978}{300000} = 3 \text{ грн/км.}$$

### 2.3 Витрати на експлуатацію автомобіля Renault Zoe

Renault Zoe. Витрата електроенергії – 14 кВт·год /100 км. Даний автомобіль є особистим, тому вартість електроенергії становить 0,9 грн/ кВт·год. Витрати електроенергію:

$$Z_{нал.} = 14/100 * 300000 * 0,9 = 37800 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення ТО. Вартість нормогодини під час гарантійного обслуговування – 400 грн. Після гарантійного обслуговування вартість нормогодини становить 500 грн. Вартість робіт і по ТО Renault Zoe в таблиці 2.5.

Витрати на ТО1 під час гарантії:  $3 * 0,53 * 400 = 636$  грн.

Витрати на ТО1 після гарантії:  $7 * 0,53 * 500 = 1855$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $3 * 1,19 * 400 = 1428$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $7 \cdot 1,19 \cdot 500 = 4165$  грн.

В загальному за 300000 км пробігу 8084 грн.

Вартість витратних матеріалів в загальному за 300000 км:

$10 \cdot 490 = 4900$  грн.

Таблиця 2.5 - Вартість робіт і витратних матеріалів Renault Zoe

№	Найменування робіт	Кількість нормогодин
ТО1		
1	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
2	Діагностика батареї	0.02
3	Гальмівна рідина - перевірка	0.01
4	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.1
5	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
6	Шарові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.01
7	Стоянкова гальмівна система - перевірка	0.01
8	Рульовий механізм - перевірка	0.01
9	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.01
10	Система охолодження батареї - перевірка	0.03
11	Всі електричні системи - перевірка	0.1
12	Комп'ютерна діагностика стану авто	0.1
13	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
14	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	0,53
ТО2		
1	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
2	Діагностика батареї	0.02
3	Гальмівна рідина - заміна	0.3
4	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
5	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.2
6	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
7	Шарові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.01
8	Стоянкова гальмівна система - перевірка	0.01
9	Рульовий механізм – перевірка	0.01
10	Шини (кути установки і знос протектора) - перевірка	0.01
11	Олива в редукторі - заміна	0.05
12	Салонний фільтр - заміна	0.1
13	Система охолодження батареї - перевірка	0.03
14	Стан охолоджуючої рідини - перевірка	0.01
15	Всі електричні системи - перевірка	0.1
16	Комп'ютерна діагностика стану авто	0.1
17	Роз'єм зарядки - перевірка	0.01
18	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
19	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	1,19
Вартість витратних матеріалів		
1	Гальмівна рідина	150 грн

№	Найменування робіт	Кількість нормогодин
2	Салонний фільтр	170 грн
3	Олива в редуктор	170 грн
	Всього	490 грн

Таблиця 2.6 - Витрати на експлуатацію Renault Zoe

Вартість нового автомобіля, $Z_a$	32200 \$
Пробіг автомобіля, $L_{кр}$	300000 км
Витрати на електроенергію, $Z_{нал.}$	37800 грн
Кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення, $Z_{ТО}$	8084 грн
Вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО, $Z_{вит.мат.}$	4900 грн

Затрати на експлуатацію автомобіля Renault Zoe

$$Z_{\Sigma} = 772800 + 37800 + 8084 + 4900 = 823584 \text{ грн}$$

$$Z_{пит} = \frac{824584}{300000} = 2,75 \text{ грн/км.}$$

#### 2.4 Витрати на експлуатацію автомобіля Peugeot 208

Peugeot 208. Витрата палива – 4,7 л/100 км.

Вартість бензину – 27,0 грн/л. Витрати на паливо:

$$Z_{нал.} = 4,7/100 * 300000 * 27,0 = 380700 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення ТО. Вартість нормогодини під час гарантійного обслуговування – 400 грн. Після гарантійного обслуговування вартість нормогодини становить 500 грн. Вартість робіт і по ТО Peugeot 208 в таблиці 2.7.

Витрати на ТО1 під час гарантії:  $3 * 2.25 * 400 = 2700$  грн.

Витрати на ТО1 після гарантії:  $7 * 2.25 * 500 = 7875$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $3 * 3.42 * 400 = 4104$  грн.

Витрати на ТО2 під час гарантії:  $7 * 3.42 * 500 = 11970$  грн.

В загальному за 300000 км пробігу 26649 грн.

Вартість витратних матеріалів в загальному за 300000 км:

10\*1790+10\*2920=47100 грн.

Таблиця 2.7 - Вартість робіт і витратних матеріалів Peugeot 208

№	Найменування робіт	Кількість нормогодин
ТО1		
1	Повітряний фільтр - заміна	0.2
2	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
3	Стан АКБ	0.01
4	Гальмівна рідина/рідина приводу зчеплення - перевірка	0.01
5	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.1
6	Приводні ремені - перевірка	0.01
7	Приводні вали і пильники - огляд	0.01
8	Вихлопна система - огляд	0.01
9	Шарові шарніри передньої підвіски - огляд	0.1
10	Стояночна гальмівна система - перевірка	0.01
11	Рульовий механізм - перевірка	0.01
12	Шини (тиск і знос протектора) - перевірка	0.1
13	Рівень масла в МКПП - перевірка	0.05
14	Свічки запалювання - перевірка	0.5
15	Моторне масло і масляний фільтр - заміна	0.5
16	Салонний фільтр - заміна	0.2
17	Система охолодження двигуна - перевірка	0.01
18	Комп'ютерна діагностика авто	0.3
19	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
20	Форсунки омивача і щітки склоочисників - огляд	0.01
	Всього	2.25
Вартість витратних матеріалів		
1	Повітряний фільтр	300 грн
2	Моторне масло	1100 грн
3	Масляний фільтр	240 грн
4	Салонний фільтр	150 грн
	Всього	1790
ТО2		
1	Повітряний фільтр - заміна	0.2
2	Система клімат – контролю і кондиціонування повітря - перевірка	0.01
3	Стан АКБ	0.01
4	Гальмівні магістралі, і з'єднання - перевірка	0.01
5	Гальмівна рідина/рідина приводу зчеплення – заміна	0.4
6	Гальмівні диски і колодки - перевірка	0.1
7	Повітряний фільтр паливного бака - заміна	0.5
8	Приводні ремені - перевірка	0.01
9	Приводні вали і пильники - перевірка	0.01
10	Вихлопна система - перевірка	0.01
11	Кульові шарніри передньої підвіски - перевірка	0.1
12	Паливний фільтр - заміна	0.4
13	Паливні магістралі і з'єднання - огляд	0.01
14	Стояночна гальмівна система - перевірка	0.01
15	Рульовий механізм - перевірка	0.01



№	Найменування робіт	Кількість нормогодин
16	Шини (тиск і знос протектора) - перевірка	0.1
17	Рівень масла в МКПП - перевірка	0.05
18	Свічки запалювання - заміна	0.4
19	Моторне масло и масляний фільтр - заміна	0.5
20	Салонний фільтр - заміна	0.2
21	Система охолодження двигуна - перевірка	0.01
22	Комп'ютерна діагностика авто	0.3
23	Замки, петлі і направляючі дверей - змащування	0.1
24	Форсунки омивача і щітки склоочисників - перевірка	0.01
	Всього	3,42
Вартість витратних матеріалів		
1	Повітряний фільтр	300 грн
2	Моторне масло	1100 грн
3	Масляний фільтр	240 грн
4	Салонний фільтр	150 грн
5	Повітряний фільтр паливного бака	110 грн
6	Паливний фільтр	570 грн
7	Свічки запалювання	450 грн
	Всього	2920 грн

Таблиця 2.8 - Витрати на експлуатацію Peugeot 208

Вартість нового автомобіля, $Z_a$	14000 \$
Пробіг автомобіля, $L_{кр}$	300000 км
Витрати на паливо, $Z_{нал.}$	380700 грн
Кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення, $Z_{ТО}$	26649 грн
Вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО, $Z_{вит.мат.}$	47100 грн

Затрати на експлуатацію автомобіля Peugeot 208

$$Z_{\Sigma} = 336000 + 380700 + 26649 + 47100 = 790449 \text{ грн}$$

$$Z_{пит} = \frac{790449}{300000} = 2,65 \text{ грн/км.}$$

## 2.5 Аналіз витрат на експлуатацію автомобілів

Структура витрат на експлуатацію автомобіля наведена на рисунках 2.1-2.2 та у таблиці 2.9.

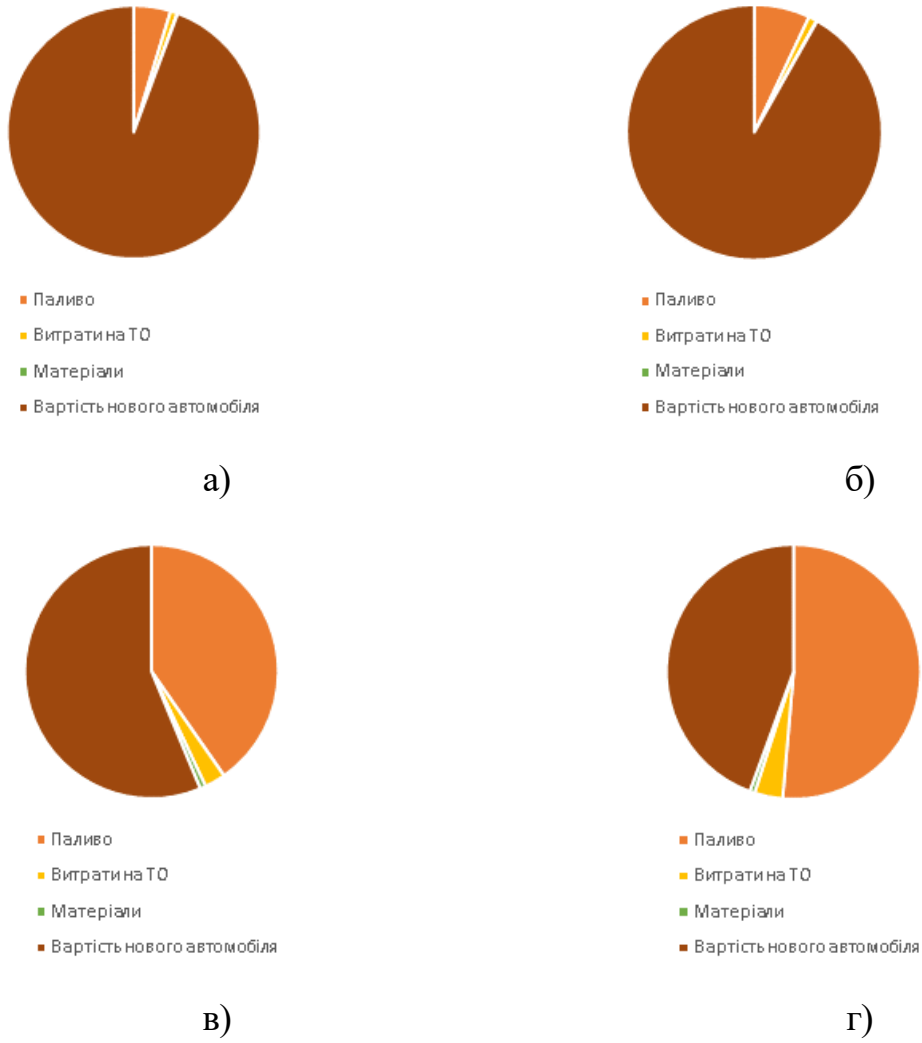


Рисунок 2.1 - Структура витрат на експлуатацію автомобіля: а) Nissan Leaf ; б) Renault Zoe; в) Hyundai i30; г) Peugeot 208

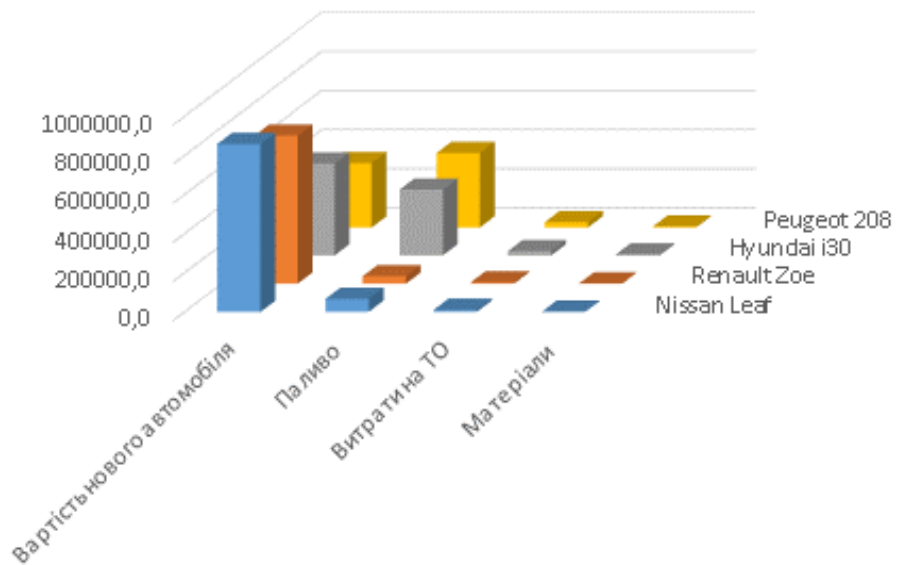


Рисунок 2.2 - Порівняльні графіки витрат на експлуатацію автомобілів

Таблиця 2.9 - Структура витрат на експлуатацію автомобіля

Автомобіль	Витрати на паливо	Витрати на ТО	Витрати на матеріали	Витрати на придбання автомобіля	Всього
Nissan Leaf	6,9	1,0	0,1	89,5	100
Renault Zoe	4,6	0,9	0,1	91,9	100
Hyundai i30	37,4	2,5	0,7	52,2	100
Peugeot 208	48,2	3,4	0,6	41,6	100

Як видно з наведеного вище рисунка витрати на придбання автомобіля з електричним приводом є домінуючими, порівняно з іншими витратами, в той же час витрати на паливо співрозмірні з витратами на придбання автомобіля з двигуном внутрішнього згорання.

На рисунку 2.3 наведено питомі витрати на експлуатацію автомобілів.

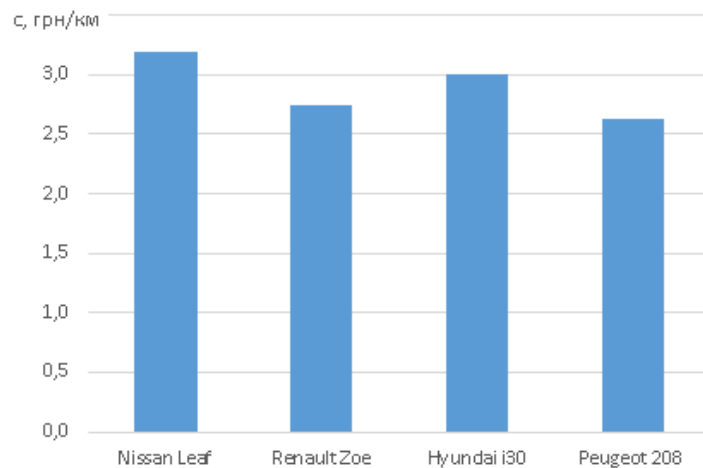


Рисунок 2.3 - Питомі витрати на експлуатацію автомобілів

На рисунку 2.4 наведено накопичувальні графіки витрат на експлуатацію автомобілів. За даними графіками встановлено збільшення різниці між витратами різних автомобілів, при чому витрати на експлуатацію транспортних засобів з електричним двигуном зростають.

Окрім того побудовано графіки різниці вартості експлуатації для автомобілів, які порівнювалися (див. рис. 2.5).

Аналізуючи графіки, наведені на рисунку 2.5, встановлено, значне зростання вартості експлуатації автомобілів з ДВЗ, навіть враховуючи більшу вартість палива, оскільки основним складником являється вартість нового автомобіля.

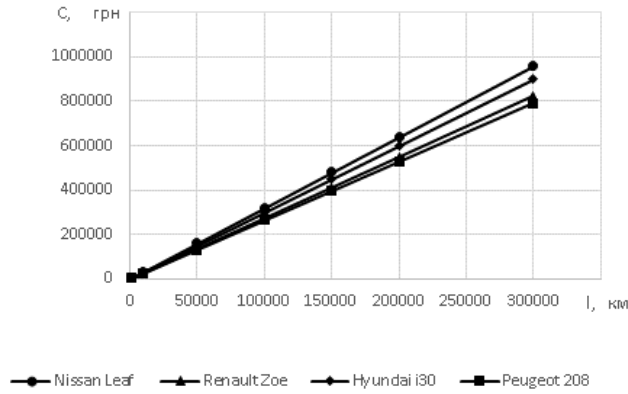


Рисунок 2.4 - Накопичувальні графіки витрат на експлуатацію автомобілів

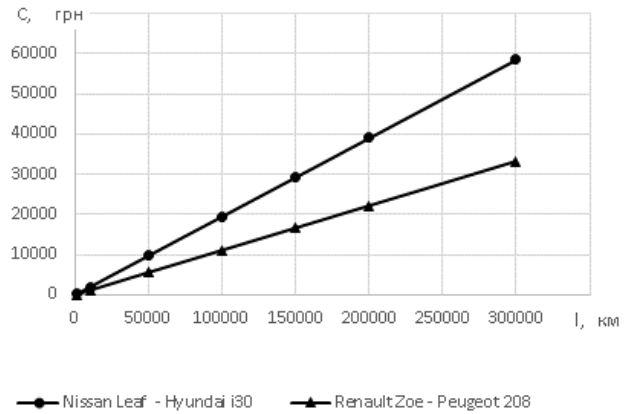


Рисунок 2.5 - Динаміка наростання різниці у вартості обслуговування автомобілів

Якщо не враховувати вартість автомобілів, то графіки матимуть повністю протилежний характер (див. рис. 2.6).

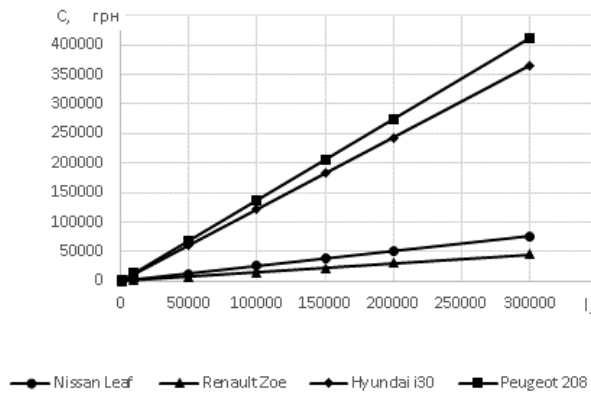


Рисунок 2.6 - Накопичувальні графіки витрат на експлуатацію автомобілів, без врахування їх вартості



Рисунок 2.7 - Динаміка наростання різниці у вартості обслуговування автомобілів, без врахування їх вартості

Варто зауважити, що під час розрахунків не враховувалися витрати на поточний ремонт транспортних засобів, що зумовлено відсутністю статистичних даних щодо ремонту автомобілів з електричним приводом.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз стану ринку автомобілів з електричним приводом, розглянуто їх переваги та недоліки, особливості конструкції та експлуатації, за результатами чого відмічено значний розвиток та збільшення кількості електромобілів, як в межах всього світу, так і в Україні зокрема. Дані фактори призводять до необхідності вивчення питання їх технічного обслуговування з метою оцінки ефективності їх експлуатації.

2. Проведено аналіз переліку обов'язкових робіт з технічного обслуговування автомобілів з двигунами внутрішнього згорання та електричними двигунами, в результаті якого встановлено зменшення до 3...4 разів робіт по заміні елементів транспортних засобів, разом з тим кількість робіт по обслуговуванню залишається фактично однаковою.

3. За результатами розрахунків витрат на експлуатацію автомобілів з електричними двигунами та двигунами внутрішнього згорання, встановлено структуру витрат, в якій до 90 % займає вартість автомобіля з електричним двигуном.

4. За результатами досліджень встановлено співрозмірність питомих витрат на 1 км пробігу для експлуатацію автомобілів з електричними двигунами та двигунами внутрішнього згорання, яка становить в межах 2,9...3,2 грн/км.

5. Результати досліджень витрат на експлуатацію автомобілів, доводять, що витрати на експлуатацію автомобілів з електричним приводом є дещо вищими порівняно з двигунами внутрішнього згорання, однак за умови зменшення вартості цих автомобілів, їх перевага стає очевидною.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мах-80 Особливості технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом / Мах-80 // Тези X студентської науково-технічної конференції машинобудівного факультету “Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті”. Мах-80: Машинобудівний факультет, Мах-80 – 2019р.– с. 276 – 278.
2. Шевчук Я. В. Перспективи експлуатації та конкурентна спроможність електромобілів в Україні / Я. В. Шевчук, М. Ю. Лалакулич, О. І. Шевчук // Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. : Економічні науки. - 2016. - Вип. 21(2). - С. 43-46. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu\\_en\\_2016\\_21%282%29\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2016_21%282%29_12). Дата звернення: 11.11.2019 р.
3. Кужель В.П. Основні проблеми експлуатації електромобілів в Україні та шляхи їх вирішення / В.П. Кужель, В.В. Красиленко //Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 19–21 жовтня, 2015 р.: Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 132 – 135.
4. Червенчук В.Д., Забудский А.И. К вопросу о специфике технического обслуживания и ремонта гибридных энергетических силовых установок // Вестник ОмГАУ. 2018. №3 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-spetsifike-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remonta-gibridnyh-energeticheskikh-silovyh-ustanovok> (дата обращения: 17.11.2019).
5. Раков В.А. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками : монография / В.А. Раков. - Вологда : ВоГУ, 2014. - 143 с.
6. Weiss M, Zeffass A, Helmers E. Fully electric and plug-in hybrid cars - An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO2 and air pollutant emissions. J Clean Prod. 2019;212:1478–1489. doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.019

7. Michael Knowles, Through-life Management of Electric Vehicles, Procedia CIRP, Volume 11, 2013, Pages 260-265, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.07.074>.
8. Knowles M. Low Carbon Fleet Vehicle Lifecycle Cost Analysis. Maintenance Performance Measurement and Management (MPMM) 2012; 2012; Sunderland UK2012.
9. Knowles M, Baglee D, Morris A, Ren Q. The State of the Art in Fuel Cell Condition Monitoring and Maintenance. World Electric Vehicle Journal. 2012;4:487-94.
10. EV Maintenance and Repair Costs: 35% Cheaper than for ICEs. 2012 [updated 27th November 2012; 18th February 2013]; Available from: <http://www.cars21.com/news/printable/5046>.
11. Stasko TH, Oliver Gao H. Developing green fleet management strategies: Repair/retrofit/replacement decisions under environmental regulation. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2012;46(8):1216-26.
12. Geng Wu, Alessandro Inderbitzin, Catharina Bening, Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments, Energy Policy, Volume 80, 2015, Pages 196-214, ISSN 0301-4215, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.004>.
13. Baha M. Al-Alawi, Thomas H. Bradley, Total cost of ownership, payback, and consumer preference modeling of plug-in hybrid electric vehicles, Applied Energy, Volume 103, 2013, Pages 488-506, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.10.009>.
14. Вартість обслуговування електромобіля // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://eenergy.com.ua/electrocars/vartist-obslugovuvannya-elektromobilya/>. Дата звернення: 15.10.2019 р.
15. Чому варто пересісти на електромобіль // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/ЧНому-var-to-peresisty-na-elektromobil/>. Дата звернення: 15.10.2019 р.
16. Наскільки вигідніше використовувати електромобілі замість авто з ДВЗ // Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://www.autocentre.ua/ua/opyt/tehnologii/naskolko-vygodnee-ispolzovat-elektromobili-vmesto-avto-s-dvs-761041.html>. Дата звернення: 15.10.2019 р.

17. Будніченко В. Б. Аналіз показника енерговитрат транспортних засобів з електричним двигуном / В. Б. Будніченко, М. М. Гордієнко // Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура. - 2019. - Вип. 3. - С. 158-163. - Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/>

18. Кіндрацький Б. І. Обґрунтування доцільності застосування електроавтобусів на туристичних маршрутах в екологічно чистих регіонах / Б. І. Кіндрацький, Р. Г. Літвін // Підйомно-транспортна техніка. - 2016. - № 3. - С. 36-43. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pidtt\\_2016\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pidtt_2016_3_6)

19. Смирнова А. О. Методика оцінки паливної економічності гібридних автомобілів / А. О. Смирнова // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування. - 2013. - № 30. - С. 114-120. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpia\\_2013\\_30\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpia_2013_30_22)

20. Переваги електромобілів над бензиновими авто // Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.carpaint-e.com.ua/news/perevagi-elektromobiliv/>. Дата звернення: 20.10.2019 р.

21. Високовольтне майбутнє: за що українці люблять електромобілі // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20192564-visokovoltne-majbutne-za-shcho-ukrayinci-lyublyat-elektromobili>. Дата звернення: 20.10.2019 р.

22. Електрокари в українських реаліях: вартість і витрати // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.segodnya.ua/ua/economics/avto/elektrokary-v-ukrainskih-realiyah-stoimost-i-rashody-702226.html>. Дата звернення: 20.10.2019 р.

23. Scott Hardman, Amrit Chandan, Gil Tal, Tom Turrentine, The effectiveness of financial purchase incentives for battery electric vehicles – A review of the evidence, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 80, 2017, Pages 1100-1111, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.255>.



24. Helmers, E., Dietz, J. & Hartard, S. Electric car life cycle assessment based on real-world mileage and the electric conversion scenario. *Int J Life Cycle Assess* 22, 15–30 (2017) doi:10.1007/s11367-015-0934-3
25. Hawkins, T. R., Singh, B., MajeauBettez, G., & Strømman, A. H. (2012). Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53–64. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>
26. Patricia Egede, Tina Dettmer, Christoph Herrmann, Sami Kara, Life Cycle Assessment of Electric Vehicles – A Framework to Consider Influencing Factors, *Procedia CIRP*, Volume 29, 2015, Pages 233-238, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.185>.
27. Propfe, Bernd & Redelbach, Martin & Santini, Danilo & Friedrich, Horst. (2012). Cost analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles including Maintenance & Repair Costs and Resale Values. *World Electric Vehicle Journal*. 5. 886-895. 10.3390/wevj5040886.
28. Електромобіли в західних країнах уже обходяться дешевше ДВС // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/374061/>. Дата звернення: 20.10.2019 р.
29. Обслуговування Tesla // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.ion-cars.ru/service-tesla-model/>. Дата звернення: 03.11.2019 р.
30. Ремонт, обслуговування електромобіля NISSAN LEAF // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://hybridservice-spb.ru/remont-elektromobilya-nissan-leaf.html>. Дата звернення: 03.11.2019 р.
31. Експерти порівняли вартість обслуговування електромобіля зі звичайним авто: результати вражають // Електронний ресурс. Режим доступу: <http://mashyna.com.ua/auto/news/35108>. Дата звернення: 03.11.2019 р.
32. Обслуговування Nissan Leaf // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.ion-cars.ru/service-nissan-leaf/>. Дата звернення: 03.11.2019 р.
33. Обслуговування електромобілей: нова епоха в автосервісі і економія для власників // Електронний ресурс. Режим доступу: <http://xn--glasaufpx.xn-->

plai/useful/post/service-electric-cars-a-new-era-in-auto-service-and-savings-for-owners/.

Дата звернення: 03.11.2019 р.

34. Стоимость нормочаса на ремонт автомобилей: таблица и пример расчета // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://xn--g1acaufpx.xn--plai/useful/post/the-cost-of-labor-times-for-car-repairs-table-and-example-of-calculati/>.

Дата звернення: 03.11.2019 р.

35. Техническое обслуживание электромобилей // Электронный ресурс. Режим доступа: <https://mobilecar.com.ua/news/tehniceskoe-obsluzhivanie-elektromobiley/>. Дата звернення: 03.11.2019 р.

36. Регламент ТО Лиф // Электронный ресурс. Режим доступа: <https://etlib.ru/blog/1079-reglament-to-lif#Stoimost%20TO%20Nissan%20Leaf>. Дата звернення: 03.11.2019 р.

37. Система эксплуатационного обслуживания // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.electro-machines.ru/content/sistema-ekspluatatsionnogo-obs>. Дата звернення: 03.11.2019 р.

38. Плановое техническое обслуживание для Nissan Leaf в Украине: решаем задачу с двумя неизвестными // Электронный ресурс. Режим доступа: <https://erazborka.com.ua/articles/planovoe-tekhniceskoe-obsluzhivanie-dlya-nissan-leaf-v-ukraine-reshaem-zadachu-s-dvumya-neizvestnym/>. Дата звернення: 03.11.2019 р.







## Додаток Б – Апробація результатів роботи



