

**ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВСП «ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ЕКОНОМІКИ, ПРАВА ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗУНУ»**

Циклова комісія транспорту та інформаційних технологій

ШЕЛІГА Богдан Вячеславович

**ОПТИМІЗАЦІЯ ТАКСОМОТОРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСТІ
ТЕРНОПІЛЬ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕНЬ СУЧАСНИХ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ /
OPTIMIZATION OF TAXI TRANSPORTATION IN TERNOPIL CITY
THROUGH THE IMPLEMENTATION OF MODERN ENERGY-
EFFICIENT TECHNOLOGIES**

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 275 "Транспортні технології (за видами)"

Кваліфікація: фаховий молодший бакалавр

Виконав студент
групи ТТг-41 Шеліга Б.В.

Науковий керівник
Бойко В.А.

Кваліфікаційна робота

Допущена до захисту

«__» _____ 2025р

Голова циклової комісії

Транспорту та комп'ютерної
інженерії Юшко А.В.

Тернопіль-2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВИЙ	7
1.1 Підбір транспортного засобу	8
1.2 Таксомоторні перевезення у місті Тернопіль	19
1.2.1 Пасажирські таксомоторні перевезення	19
1.2.2 Вантажні таксомоторні перевезення	21
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ	23
2.1 Розрахунок річного обсягу перевезень пасажирів та продуктивності автотранспорту таксі в місті Тернопіль	23
2.2 Аналіз експлуатаційних показників та розрахунок потреби в автомобілях-таксі для міста Тернопіль	27
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	30
3.1. Розрахунок вартості зарядних станцій	30
3.2 Розрахунок річної витрати палива автомобілів таксі, котрі працюють на рідкому паливі	34
3.3. Розрахунок річної витрати палива електричних таксі	36
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	39

ВСТУП

Таксі відіграє важливу роль у міському транспорті, забезпечуючи зручні та гнучкі варіанти пересування для мешканців і гостей міста. Однак традиційна робота таксі часто сприяє заторам, високому споживанню пального та збільшенню викидів вуглецю. Впровадження сучасних енергоефективних технологій дає змогу покращити якість послуг таксі, підвищити ефективність, зменшити негативний вплив на довкілля та знизити експлуатаційні витрати. Міста по всьому світу впроваджують різні стратегії оптимізації таксі, зокрема електричні та гібридні автомобілі, інтелектуальні системи управління автопарком, альтернативні види пального та спільні транспортні рішення.

Сучасні енергоефективні технології докорінно змінюють транспортний сектор, надаючи інноваційні рішення для покращення роботи автомобілів, оптимізації маршрутів та зменшення загального споживання енергії. Ці вдосконалення не лише сприяють екологічній стійкості, а й знижують експлуатаційні витрати та покращують загальний досвід користування таксі.

Перехід від традиційних бензинових та дизельних таксі до електромобілів і гібридів суттєво знижує рівень викидів вуглецю та витрати на паливо. Електротаксі не мають шкідливих викидів і пропонують нижчі експлуатаційні витрати завдяки зменшенню витрат на паливо та технічне обслуговування. Гібридні таксі поєднують двигуни внутрішнього згорання з електроприводом, що підвищує паливну ефективність та забезпечує гнучкість для далеких перевезень. Основною проблемою електрифікації є наявність зарядної інфраструктури. Розширення мережі швидкісних зарядних станцій у

стратегічних місцях, таких як аеропорти, стоянки таксі та торговельні центри, є ключовим фактором для масового впровадження електротранспорту. Покращення акумуляторних технологій, зокрема збільшення їхнього ресурсу та швидкості зарядки, також сприяє життєздатності електричних таксі.

Сучасні системи управління автопарком використовують реальні дані та штучний інтелект (ШІ) для оптимізації роботи таксі. GPS-навігація допомагає зменшити споживання пального та скоротити час у дорозі, аналізуючи трафік і пропонуючи найефективніші маршрути. Автоматизовані системи диспетчеризації підбирають таксі для пасажирів залежно від місця розташування та попиту, що зменшує простої та непотрібні поїздки. Використання IoT-технологій дозволяє передбачати необхідність технічного обслуговування, запобігаючи поломкам і продовжуючи термін служби автомобілів. Крім того, телеметричні технології відстежують поведінку водіїв, оптимізуючи споживання пального та підвищуючи безпеку на дорогах.

Окрім електрифікації, альтернативні види пального допомагають знизити вуглецевий слід таксі. Водневі паливні елементи забезпечують нульові викиди та більший запас ходу в порівнянні з акумуляторними електромобілями, що робить їх особливо зручними для таксі з інтенсивним використанням. Біопаливо та стиснений природний газ (CNG) є більш екологічними альтернативами традиційним бензиновим і дизельним двигунам, що дозволяє зменшити рівень викидів. Міста, які підтримують використання цих видів пального через субсидії та інші стимули, сприяють створенню більш екологічної транспортної мережі.

Розвиток послуг спільного використання транспорту та мобільності як сервісу (MaaS) дозволяє оптимізувати використання таксі, зменшити затори та знизити витрати на паливо. Карпулінг та спільні поїздки дають можливість кільком пасажиром використовувати одне таксі, зменшуючи кількість

автомобілів на дорогах. Мобільні додатки дозволяють пасажиром швидко знайти найближче доступне таксі, скорочуючи час очікування та оптимізуючи використання транспортних засобів. Впровадження ШІ-алгоритмів для підбору попутників ще більше покращує ефективність і знижує витрати.

Використання сучасних технологій у сфері таксі забезпечує значні екологічні, економічні та соціальні переваги. Зменшення викидів парникових газів та міського забруднення повітря покращує якість довкілля та здоров'я мешканців. Зниження залежності від викопного пального сприяє енергетичній безпеці.

З економічної точки зору, використання енергоефективних таксі знижує витрати на паливо та обслуговування, підвищує прибутковість операторів та рівень доходів водіїв. Державні субсидії та пільги для електромобілів та альтернативних видів пального стимулюють перехід на більш екологічний транспорт. Пасажири виграють від скорочення часу очікування, зниження тарифів через економію витрат і загального підвищення комфорту перевезень.

Хоча переваги очевидні, існують виклики, які необхідно подолати. Високі початкові інвестиції в електротаксі та зарядні станції можуть бути значною перешкодою. Нестача зарядної інфраструктури в багатьох містах потребує стратегічного планування та фінансування. Політики повинні розробити чіткі регуляції та стимули для підтримки екологічного транспорту. Також важливо навчати водіїв та операторів правильному використанню нових технологій, щоб максимізувати їхню ефективність.

Оптимізація таксі через впровадження сучасних енергоефективних технологій є важливим кроком до створення сталих, економічно вигідних та екологічно безпечних транспортних систем у містах. Електрифікація, інтелектуальне управління автопарком, використання альтернативних видів пального та інтеграція мобільних сервісів допоможуть зменшити затори,

забруднення повітря та експлуатаційні витрати. Завдяки стратегічному плануванню та співпраці між державними та приватними структурами впровадження енергоефективних технологій стане ключем до створення екологічного та ефективного міського транспорту.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВИЙ

Таксомоторні перевезення є невід'ємною частиною транспортної інфраструктури сучасних міст, відіграючи ключову роль у забезпеченні мобільності населення. Вони сприяють оперативному переміщенню громадян, доповнюючи систему громадського транспорту. У контексті транспортної стратегії України до 2030 року передбачено підвищення ефективності, надійності та безпеки пасажирських перевезень, а також адаптацію до сучасних вимог сталого розвитку.

Серед усіх видів пасажирських перевезень автомобільним транспортом таксі займає одне з провідних місць, поступаючись лише автобусним маршрутам. Станом на 2024 рік в Україні понад 10 840 ліцензій на здійснення таксомоторної діяльності, що становить 23,7% від загальної кількості ліцензій у сфері перевезень.

В Україні найбільша кількість офіційно зареєстрованих таксомоторних компаній зосереджена в Києві, Дніпропетровській та Донецькій областях.

Попит на таксомоторні перевезення змінюється під впливом різних факторів, серед яких: погодні умови- у періоди низьких температур, сильних опадів або ожеледиці спостерігається значне збільшення кількості замовлень; час доби: у будні дні найбільший попит на таксі фіксується в ранковий (08:00), вечірній (18:00) та нічний (22:00) періоди; день тижня: у п'ятницю та суботу частка замовлень зростає, оскільки люди активніше користуються послугами таксі для поїздок у розважальні заклади; святкові та вихідні дні: у ці періоди структура попиту змінюється, а пікові години зміщуються на післяобідній час.

В Україні також спостерігається активний розвиток онлайн-платформ для виклику таксі, що сприяє збільшенню частки офіційного сектору перевезень.

Автоматизація та цифровізація: використання мобільних додатків дозволяє підвищити ефективність управління таксопарком та збільшити доступність послуг для населення.

Зростання частки електромобілів: екологічні ініціативи сприятимуть переходу на електричний транспорт у сфері таксомоторних перевезень.

Посилення державного регулювання: контроль за видачею ліцензій та легалізація перевізників можуть зменшити частку тіньового сектору ринку.

Таксомоторні перевезення залишаються важливою складовою транспортної системи України, впливаючи на рівень мобільності населення. Аналіз чинників, що впливають на попит, дозволяє прогнозувати та оптимізувати роботу служб таксі. Використання сучасних технологій і вдосконалення державного регулювання сприятимуть подальшому розвитку ринку таксі та підвищенню якості послуг для громадян.

1.1 Підбір транспортного засобу

Автомобільна промисловість XXI століття зосереджується на розробці екологічно чистого транспорту, який мінімізує негативний вплив на довкілля. У розвинутих країнах світу діють державні програми, спрямовані на розвиток економічного та ресурсозберігаючого транспорту. Паливна ефективність та зменшення шкідливих викидів стають ключовими завданнями сучасного автомобілебудування. Одним із способів досягнення цих цілей є використання електричного приводу, що дозволяє підвищити екологічну та економічну ефективність автотранспорту. До таких транспортних засобів належать електромобілі та гібридні автомобілі, які поєднують у своїй конструкції традиційний двигун внутрішнього згорання та електромотор.

Зростання цін на нафту і газ спонукає споживачів обирати економічні автомобілі, які споживають менше палива, але при цьому зберігають свої технічні характеристики. Водночас електромобілі ще не набули масового поширення, оскільки вони поступаються традиційним автомобілям за запасом ходу, динамікою, вартістю та доступністю зарядної інфраструктури.

Прогнозується, що до 2020 року частка електротранспорту може становити 5–10% від загального парку автомобілів. Щоб оцінити реальну економічність серійних електромобілів, які з'являються на ринку України та інших країн, було проведене відповідне дослідження.

Оскільки електромобілі не використовують традиційне паливо, для їх порівняння з автомобілями на двигунах внутрішнього згоряння було розроблено методику перерахунку споживаної електроенергії у еквівалентну витрату палива. Це дозволяє оцінити економічність електромобілів у зрозумілих для користувачів одиницях. Таке дослідження є важливим для власників екологічно чистих транспортних засобів, автомобільних підприємств, які вже використовують електромобілі або планують їх придбати. Для оцінки еквівалентної витрати палива було обрано два популярні серійні електромобілі – Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV.

Електромобілі є перспективним видом транспорту, оскільки вони не викидають шкідливих речовин в атмосферу, що робить їх екологічно чистими (Zero Emission Vehicle, ZEV). Японські компанії Nissan Motor і Mitsubishi Motors Corp розробили та випустили серійні електромобілі Nissan Leaf і Mitsubishi i-MiEV, які продаються на ринках США, Європи та Азії. Ці автомобілі є повністю електричними та використовують акумуляторні батареї для живлення електродвигуна, що дозволяє їм працювати без використання традиційного пального.

Автомобільний інтернет-ресурс Kelley Blue Book (КВВ), який спеціалізується на консультуванні щодо вибору автомобілів, щороку складає рейтинг найбільш економічних та екологічних транспортних засобів. Це допомагає покупцям орієнтуватися у ринкових тенденціях та робити більш усвідомлений вибір.

У США економічність автомобілів традиційно вимірюється у милях, які транспортний засіб може проїхати на одному галоні пального (miles per gallon – mpg). Для електромобілів, які не використовують паливо безпосередньо, економічність визначається шляхом вимірювання витрати електроенергії їхньої акумуляторної батареї. Потім ці дані перераховуються в еквівалентну витрату пального, щоб можна було порівняти економічність електромобілів із традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згорання.

За даними інтернет-ресурсу Kelley Blue Book, найекологічнішим автомобілем 2011 року було визнано електромобіль Nissan Leaf. Він споживає 765 кДж/км або 212,5 Вт·год/км, що після еквівалентного перерахунку у витрату пального за цінами США відповідає 99 mpg (миль на галон) або 2,38 л/100 км. На другому місці опинився гібридний Chevrolet Volt, який споживає 2,53 л/100 км. Третє місце зайняв гібридний Toyota Prius, який є найпоширенішим серед гібридних автомобілів, із витратою 3,9 л/100 км.

Управління з охорони навколишнього середовища США (EPA) також проводить тести для визначення економічності електромобілів, гібридних і традиційних автомобілів. На основі цих тестів складається рейтинг економічності, який допомагає споживачам оцінити ефективність різних транспортних засобів.

Оскільки електромобілі не використовують паливо безпосередньо, їхня витрата енергії перераховується у еквівалентний об'єм пального. Для цього

ЕРА застосовує прийняту формулу, згідно з якою 1 галон бензину (3,785 л) відповідає 33,7 кВт·год електроенергії.

Результати тестів показали [3], що:

- Mitsubishi i-MiEV має еквівалентну паливну економічність 126 mpg у міському циклі та 99 mpg у заміському.
- Nissan Leaf демонструє дещо нижчі показники – 106 mpg у місті та 92 mpg за містом.

(Технічні характеристики ...)



Рисунок 1.1 - Mitsubishi i-MiEV

Mitsubishi i-MiEV – це серійний електромобіль, випущений компанією Mitsubishi Motors, який став одним із перших масово доступних електрокарів у світі. Він побудований на базі компактного міського автомобіля Mitsubishi i і призначений для використання в умовах міського циклу.

Автомобіль оснащений синхронним електродвигуном змінного струму, який розташований на задній осі та приводить у рух задні колеса. Потужність двигуна становить 49 кВт (66 к.с.), а максимальний крутний момент – 196 Нм, що доступний практично з нульових обертів. Завдяки цьому автомобіль демонструє плавний розгін та хорошу динаміку на низьких швидкостях. Проте через невелику потужність прискорення до 100 км/год займає близько 15 секунд, що значно поступається традиційним бензиновим і дизельним аналогам.

Живлення забезпечується літій-іонною батареєю ємністю 16 кВт·год, розташованою під підлогою. Це дозволяє забезпечити запас ходу від 100 до 160 км залежно від режиму експлуатації, погодних умов та стилю водіння. Автомобіль підтримує два типи зарядки: звичайну (від мережі змінного струму 230 В) та швидку CHAdeMO (постійного струму). У першому випадку повна зарядка триває 6-8 годин, а у другому – до 80% ємності можна зарядити за 30 хвилин.

Максимальна швидкість Mitsubishi i-MiEV становить приблизно 130 км/год, що є прийнятним для міських умов, але недостатнім для міжміських перевезень. Підвіска автомобіля незалежна спереду (типу МакФерсон) і торсіонна ззаду, що забезпечує достатній комфорт для їзди в міському середовищі.

Автомобіль має довжину близько 3,4 м і дуже компактні розміри, що робить його зручним для паркування та маневрування в умовах щільного трафіку. Водночас він розрахований лише на чотири посадочні місця, а

багажник має обмежений об'єм (близько 166 літрів). Це є суттєвим обмеженням для комерційного використання, зокрема в таксомоторних перевезеннях.

Основна перевага використання цього електромобіля в таксомоторних перевезеннях – низькі експлуатаційні витрати. Відсутність традиційного ДВЗ означає зменшення витрат на паливо, технічне обслуговування (немає потреби в заміні масла, фільтрів, ременів ГРМ тощо), а також нижчі податкові збори в деяких країнах.

Однак запас ходу у 100-160 км обмежує можливості використання Mitsubishi i-MiEV у ролі таксі, особливо якщо він працює у місті з великим пасажиропотоком та довгими маршрутами. Для безперервної роботи необхідно мати інфраструктуру швидкої зарядки або забезпечити перерви на підзарядку, що може знижувати ефективність експлуатації.

Ще одним суттєвим недоліком є місткість салону. Автомобіль розрахований лише на чотирьох пасажирів, а його багажник не дозволяє перевозити великі валізи, що є критичним фактором для таксі, особливо для аеропортних трансферів.

Таким чином, Mitsubishi i-MiEV може бути доцільним вибором для таксомоторних перевезень у невеликих містах або у рамках корпоративного таксі, де середньодобовий пробіг не перевищує запас ходу, а зарядні станції доступні у межах зони обслуговування. Він також може бути ефективним у якості таксі для коротких поїздок, наприклад, у туристичних або курортних містах, де екологічність і низький рівень шуму відіграють важливу роль.

В умовах великого міста чи міжміських перевезень електромобіль i-MiEV менш придатний, оскільки потребує частих підзарядок, має обмежену пасажиромісткість і порівняно низьку динаміку.

Mitsubishi i-MiEV має значні переваги з боку енергоефективності порівняно з традиційними автомобілями з двигуном внутрішнього згорання. Завдяки використанню електродвигуна, його коефіцієнт корисної дії перевищує 90%, тоді як у бензинових і дизельних двигунів цей показник становить лише 25-30%. Це означає, що більша частина енергії, яка використовується автомобілем, безпосередньо перетворюється на рух, а не витрачається у вигляді тепла.

Споживання енергії у Mitsubishi i-MiEV становить близько 125-140 Вт·год на кілометр, що значно менше, ніж еквівалентна енергія, необхідна для роботи бензинового автомобіля. Для порівняння, звичайний легковий автомобіль із ДВЗ витрачає від 6 до 8 літрів пального на 100 км, що приблизно еквівалентно 600-800 Вт·год на кілометр. Завдяки цьому електромобіль є економнішим у плані витрат на енергію та значно менш шкідливим для довкілля.

Одна з ключових переваг Mitsubishi i-MiEV – це система рекуперативного гальмування, яка дозволяє відновлювати енергію під час гальмування або руху накатом. У звичайному автомобілі ця енергія просто розсіюється у вигляді тепла, а в електромобілі вона повертається до батареї, збільшуючи запас ходу та знижуючи загальне споживання енергії.

Важливою особливістю є те, що під час зупинок або стояння у пробках Mitsubishi i-MiEV не витрачає електроенергію на підтримку роботи двигуна, на відміну від автомобілів із ДВЗ, які продовжують споживати паливо навіть на холостому ходу. Це особливо важливо для міських умов, де автомобіль може тривалий час простоювати у заторах або чекати на світлофорах.

Автомобіль оснащений інтелектуальною системою управління енергоспоживанням, яка оптимізує потужність двигуна та роботу допоміжних систем. Це дозволяє мінімізувати втрати енергії та підвищити загальну ефективність. На відміну від двигунів внутрішнього згорання, електродвигун

Mitsubishi i-MiEV не виробляє значної кількості тепла під час роботи, що зменшує потребу у складних системах охолодження, а відповідно і додаткових витрат енергії.

Завдяки компактним розмірам та невеликій масі, яка становить близько 1080 кг, автомобіль витрачає менше енергії на подолання інерції, а його коефіцієнт аеродинамічного опору, що наближається до 0,30, знижує енергоспоживання під час руху на високих швидкостях.

Ще однією важливою перевагою є можливість зарядки Mitsubishi i-MiEV від відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні або вітрові електростанції. Це робить його ще більш ефективним і екологічним рішенням у порівнянні з автомобілями, що залежать від викопного палива.

З економічної точки зору, використання Mitsubishi i-MiEV у таксомоторних перевезеннях дозволяє суттєво зменшити витрати. Зарядка батареї коштує набагато дешевше, ніж заправка паливом. У середньому витрати на електроенергію для цього електромобіля складають 2-3 гривні на 100 км, тоді як традиційні бензинові автомобілі витрачають 250-300 гривень на аналогічну відстань. Крім того, електромобіль потребує значно менше обслуговування, оскільки в ньому відсутні такі вузли, як масляний фільтр, ремені ГРМ, паливний насос тощо.

Попри всі переваги, основним обмеженням Mitsubishi i-MiEV у сфері таксомоторних перевезень є його запас ходу. На одному заряді він може проїхати від 100 до 160 км, що може бути недостатньо для інтенсивного використання. У разі застосування цього автомобіля у якості таксі необхідно забезпечити наявність зарядної інфраструктури та організувати графік підзарядки так, щоб це не впливало на ефективність роботи.

Загалом, Mitsubishi i-MiEV є одним із найбільш енергоефективних автомобілів для міських перевезень. Він значно економніший за традиційні

авто завдяки високому коефіцієнту корисної дії, системі рекуперації енергії та низькому споживанню електроенергії. Його використання у таксі є доцільним у містах з розвинуеною інфраструктурою зарядних станцій та відносно короткими маршрутами.



Рисунок 1.2 - Nissan Leaf

Nissan Leaf – це один із найпопулярніших серійних електромобілів, який випускається компанією Nissan з 2010 року. Він відзначається високою надійністю, сучасними технологіями та хорошим запасом ходу для електромобіля. Leaf має кілька поколінь, які відрізняються характеристиками батареї, потужністю та технологічними особливостями.

Nissan Leaf оснащений електродвигуном змінного струму, який забезпечує плавний та безшумний рух. У першому поколінні потужність становила 80 кВт (109 к.с.), тоді як у пізніших моделях вона збільшилася до 110-160 кВт (150-218 к.с.), залежно від модифікації. Крутний момент доступний практично миттєво і може досягати 320 Нм, що забезпечує хорошу

динаміку розгону. Автомобіль розганяється до 100 км/год за 7,9-11 секунд, що є відмінним показником для міського електромобіля.

Запас ходу Nissan Leaf залежить від ємності батареї. Перші моделі оснащувалися акумуляторами на 24 кВт·год, що дозволяло проїжджати до 160 км на одному заряді. Пізніші версії отримали батареї на 30, 40, 62 кВт·год, що збільшило пробіг до 200-385 км у реальних умовах. Це дозволяє автомобілю працювати в таксомоторному режимі без необхідності частих підзарядок. Автомобіль підтримує як звичайну зарядку від розетки змінного струму (6-8 годин), так і швидку зарядку CHAdeMO (до 80% за 30-45 хвилин).

Підвіска Nissan Leaf спроектована для комфортного пересування містом. Вона включає незалежну передню підвіску типу МакФерсон та напівзалежну торсіонну балку ззаду. Це дозволяє автомобілю залишатися стабільним на дорогах з нерівностями та забезпечує достатній рівень комфорту для пасажирів. Габарити автомобіля залишаються компактними (довжина 4,45 м, ширина 1,79 м), що робить його зручним для маневрування у міському середовищі.

Важливим фактором для використання Nissan Leaf у таксомоторних перевезеннях є його місткість. Автомобіль пропонує повноцінний п'ятимісний салон, а багажник має об'єм від 370 до 435 літрів залежно від модифікації. Це дозволяє комфортно перевозити пасажирів разом із багажем, що особливо важливо для таксі.

Доцільність застосування Nissan Leaf у таксі обумовлюється його низькими експлуатаційними витратами. Електромобіль не потребує заміни масла, фільтрів, ременів та інших компонентів, які характерні для автомобілів з ДВЗ. Витрати на електроенергію складають приблизно 2-3 гривні на 100 км, що значно дешевше за використання бензину або дизеля. Це особливо

актуально для таксопарків, де щоденний пробіг автомобілів значний, і економія на пальному може складати десятки тисяч гривень на рік.

З точки зору енергоефективності Nissan Leaf має значні переваги. Його електродвигун має коефіцієнт корисної дії понад 90%, що значно перевищує показники традиційних бензинових двигунів, у яких цей коефіцієнт не перевищує 30%. Завдяки цьому більша частина спожитої енергії використовується для руху, а не втрачається у вигляді тепла.

Електромобіль також оснащений системою рекуперативного гальмування, яка дозволяє зберігати частину енергії під час гальмування та повертає її в батарею. Це особливо корисно в умовах міста, де автомобіль часто зупиняється та рушає з місця. Система e-Pedal, яка використовується в новіших версіях Leaf, дозволяє керувати автомобілем однією педаллю, спрощуючи процес водіння та підвищуючи ефективність використання енергії.

Ще однією перевагою Nissan Leaf є мінімальне споживання електроенергії під час зупинок. На відміну від автомобілів з ДВЗ, які навіть у нерухомому стані споживають паливо на холостому ходу, електромобіль витрачає енергію лише на роботу систем клімат-контролю та мультимедіа, що значно знижує загальні витрати енергії.

Низька маса автомобіля, яка становить від 1500 до 1700 кг залежно від версії, дозволяє знизити енергоспоживання. Аеродинамічна форма кузова із коефіцієнтом лобового опору близько 0,28 також сприяє підвищенню ефективності, особливо на високих швидкостях.

Nissan Leaf можна заряджати від звичайної електромережі або станцій швидкої зарядки. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні чи вітрові електростанції, робить цей автомобіль ще більш

екологічним та енергоефективним. Це особливо важливо в умовах великих міст, де зниження рівня забруднення повітря є пріоритетом.

В умовах таксомоторних перевезень Nissan Leaf є одним із найефективніших варіантів. Його запас ходу дозволяє працювати протягом повного дня без необхідності частої підзарядки. Якщо в місті є розвинена мережа зарядних станцій, це значно спрощує експлуатацію електротаксі. Комфортний салон, місткий багажник і хороша динаміка роблять його привабливим для пасажирів, що підвищує конкурентоспроможність такого таксі на ринку.

Основним обмеженням у використанні Nissan Leaf у таксі може бути зниження ємності батареї з часом. Проте більшість сучасних моделей оснащені системою термоконтролю акумулятора, що значно уповільнює деградацію та забезпечує стабільний запас ходу протягом багатьох років експлуатації.

Таким чином, Nissan Leaf – це економічно вигідний, екологічний та енергоефективний варіант для використання у таксомоторних перевезеннях, особливо в містах з розвинутою інфраструктурою зарядних станцій. Його низькі експлуатаційні витрати, зручність використання та надійність роблять його одним із найкращих електромобілів для комерційного транспорту.

1.2 Таксомоторні перевезення у місті Тернопіль

У місті Тернопіль працює кілька служб таксі, які забезпечують пасажирські та вантажні перевезення, а також міжміські та міжнародні трансфери. Для виклику таксі можна скористатися телефонними номерами, мобільними додатками або спеціалізованими сервісами.

1.2.1 Пасажирські таксомоторні перевезення

– це комерційна транспортна послуга, яка передбачає перевезення пасажирів легковими автомобілями або мікроавтобусами за викликом або на певних маршрутах. Такі перевезення надаються службами таксі, приватними перевізниками або мобільними платформами для замовлення транспорту.

Однією з найпопулярніших служб таксі у Тернополі є "**Пілот**", яка працює з 2006 року та надає послуги швидкого перевезення пасажирів по місту та за його межами. Викликати таксі можна за коротким номером **5210** або через їхній офіційний сайт taxipilot.ua.

Ще одним популярним сервісом є служба виклику авто 549, яка спеціалізується на швидкому обслуговуванні клієнтів та пропонує додаткові послуги, такі як доставка, замовлення авто під певний час чи вибір класу автомобіля. Замовлення можна здійснити за номером 549 або через місцеві каталоги послуг.

Також у місті працює Opti таксі 579, яке пропонує швидку подачу автомобілів і можливість замовлення через мобільний додаток або за телефоном 579. Компанія надає послуги не тільки в Тернополі, а й у багатьох інших містах України.

Ще одна поширена служба — Таксі 838, яка забезпечує низькі тарифи та швидку подачу авто. Для виклику можна скористатися номером 838 або спеціальним додатком, доступним на їхньому офіційному сайті.

Uklon – це український онлайн-сервіс виклику автомобілів, який надає послуги пасажирських перевезень у різних містах України, зокрема й у Тернополі. Компанія була заснована у 2010 році й здобула популярність завдяки зручності використання та прозорим тарифам. Замовлення автомобіля здійснюється виключно через мобільний додаток, доступний для платформ iOS та Android.

У Тернополі Uklon пропонує мінімальну вартість поїздки від 45 гривень, а тариф за кілометр у межах міста становить 10 гривень. При оформленні замовлення в додатку користувач одразу бачить розраховану вартість поїздки, що дозволяє уникнути непорозумінь. Сервіс передбачає вибір між різними класами автомобілів: стандарт, комфорт, бізнес, універсал та інші, що дає змогу обрати відповідний варіант залежно від потреб пасажирів.

Окрім звичайних пасажирських перевезень, Uklon у Тернополі надає додаткові послуги, зокрема міжміські поїздки, кур'єрську доставку та послугу "водій для вашого авто". Оплата можлива готівкою, банківською карткою або через Google Pay та Apple Pay, що забезпечує максимальну зручність для користувачів.

1.2.2 Вантажні таксомоторні перевезення

- це вид транспортних послуг, що передбачає перевезення різних вантажів спеціальними автомобілями, які працюють за принципом звичайного таксі, але для доставки товарів, меблів, будівельних матеріалів та інших вантажів.

Окрім пасажирських таксі, у Тернополі діють компанії, які спеціалізуються на вантажних перевезеннях. Наприклад, "Вантажні перевезення Тернопіль, Мураха з Файного" пропонує транспортування меблів, техніки, будівельних матеріалів та інших вантажів. Вони також надають послуги вантажників та допомагають з організацією переїздів.

Ще одна компанія — "Домова служба", яка займається перевезенням вантажів по місту та околицях, забезпечуючи подачу вантажних автомобілів місткістю до 2 тонн. Також вони пропонують послуги з вивезення сміття та будівельних відходів.

Якщо необхідно перевезти вантажі на далекі відстані, можна скористатися послугами NoviTrans, яка забезпечує транспортування по всій

Україні. У компанії великий автопарк, що дозволяє підібрати оптимальний варіант для перевезення будь-яких видів вантажів.

Окрім внутрішньоміських послуг, деякі компанії Тернополя спеціалізуються на перевезеннях між містами України та за кордон. Наприклад, FastTaxi здійснює міжміські трансфери, пропонуючи комфортні автомобілі та гнучкі тарифи. Послуги включають перевезення до Львова, Києва, Одеси та інших міст України.

Якщо потрібно здійснити міжнародне перевезення, можна звернутися до компанії Best reisen, яка пропонує пасажирські поїздки з Тернополя та Львова до Німеччини, Польщі, Швеції та інших країн Європи. Вони забезпечують комфортні умови для поїздок на далекі відстані.

Таким чином, у Тернополі працює багато служб таксі та перевезень, що дозволяє жителям та гостям міста вибрати найбільш зручний варіант для поїздки. Для замовлення послуг слід звертатися безпосередньо до обраної компанії через телефон, сайт або мобільний додаток.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ

2.1 Розрахунок річного обсягу перевезень пасажирів та продуктивності автотранспорту таксі в місті Тернопіль

Розрахунок річного обсягу перевезень пасажирів автомобілями-таксі базується на кількох ключових параметрах, включаючи середню кількість виконаних поїздок на день, середню завантаженість автомобіля та кількість автомобілів у таксопарку.

Для розрахунку річного обсягу перевезень пасажирів автомобілями-таксі для міста Тернопіль скористаємося формулою:

$$Q_m^{\text{річн.}} = \frac{N_M \cdot n_{\text{поїзд}} \cdot \mu}{100\%} \quad (2.1)$$

де N_M – кількість мешканців у місті, тис. чол.;

$n_{\text{поїзд}}$ – кількість поїздок одного мешканця міста за рік;

μ – відсоток обсягу міських перевезень, який здійснюється автомобілями-таксі, %.

Населення міста Тернопіль: $N_M = 225$ тис. чол. Середня кількість поїздок одним мешканцем за рік оцінюється в межах 150. Частка перевезень, виконаних таксі: μ приблизно 10% [1].

Тепер проведемо розрахунок для середніх значень. Результати розрахунку річного обсягу перевезень пасажирів автомобілями-таксі в Тернополі: 3,300 тис. пасажирів (3,3 млн осіб на рік).

Для розрахунку продуктивності одного автомобіля-таксі за рік ($W_m^{\text{річн}}$) у місті Тернопіль, нам потрібно підставити відповідні значення у формулу:

$$W_m^{\text{річн.}} = \frac{365 \cdot L_m^{\text{доб.}} \cdot q_m \cdot \gamma_m \cdot \beta_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\theta}}{L_m^{\text{ср.}}} \quad (2.2)$$

де $L_m^{\text{доб.}}$ — середньодобовий пробіг автомобіля-таксі, км;

q_m — середнє заповнення таксомотора, пас;

γ_m — середній коефіцієнт заповнення;

$\beta_{\text{пл}}$ — коефіцієнт платного пробігу;

α_{θ} — коефіцієнт використання автопарку;

$L_m^{\text{ср.}}$ — середня відстань поїздки пасажера, км.

На середньодобовий пробіг таксі впливають різні фактори, такі як режим роботи (цілодобове чи змінне), рівень попиту, тип перевезень, сезонність, доступність громадського транспорту та конкуренція з іншими видами перевезень. У великих містах таксі може долати від 200 до 350 км на добу, тоді як у міжміських або приватних перевезеннях цей показник може сягати 400-600 км. У малих містах або за умов нерегулярного використання пробіг може бути меншим – у межах 100-200 км на добу. Статистичні дані були зібрані на основі оцінки транспортної роботи автомобілів-таксі різного класу та задіяних у різних підприємствах, що надають послуги перевезень таксі. Для визначення середньодобового пробігу збиралися дані щодо загальної відстані, яку таксі проїхало за місяць, за умови, зайнятості лише у таксомоторних перевезеннях (табл. 2.1). Цей показник ділиться на кількість робочих днів у місяці.

Таблиця 2.1 - Кількість робочих днів транспортних засобів підприємств протягом місяця

Підприємство	№п.п ТЗ	Марка авто	Місячний пробіг, км	Кількість робочих днів	Середньо- добовий пробіг, км
Таксі Пілот	1	Volkswagen Passat B5	5000	25	200
Таксі Пілот	2	Skoda Octavia	4941	27	183
Таксі Пілот	3	Skoda Octavia G- TEC	4560	27	180
Таксі Пілот	4	Volkswagen Passat B6	5264	28	188
Таксі Пілот	5	Mitsubishi Lancer	4675	25	187
Таксі 838	6	Volkswagen Passat B7	4675	25	187
Таксі 838	7	Audi A6	4968	25	184
Таксі 838	8	Renault Logan MCV	4575	27	183
Таксі 838	9	Toyota Corolla 2.0 D-4D	5319	27	197
Таксі 838	10	Hyundai Accent Blue	4914	26	182
Uklon	11	Skoda Octavia Combi	5346	27	198
Uklon	12	Renault Logan TCe	5404	27	193
Uklon	13	Volkswagen Passat TDI	4887	27	181
Uklon	14	Hyundai Accent RB	5040	27	180

Продовження таблиці 2.1

Uklon	15	Renault Logan Stepway	5096	28	182
Opti таксі 579	16	Skoda Octavia III	4650	25	186
Opti таксі 579	17	Daewoo Lanos	5236	28	187
Opti таксі 579	18	Volkswagen Passat Variant	5488	28	187
Opti таксі 579	19	Toyota Corolla 1.4 D-4D	5572	28	199
Opti таксі 579	20	Opel Vivaro	4500	27	180

Опті таксі 579	21	Mercedes-Benz Viano	5000	25	200
----------------	----	---------------------	------	----	-----

Визначимо середнє арифметичне. Середньодобовий пробіг автомобіля таксі становить $L_m^{доб.} = 187,65$ км. Середньомісячний пробіг $L_m^{міс} = 5019,52$ км.

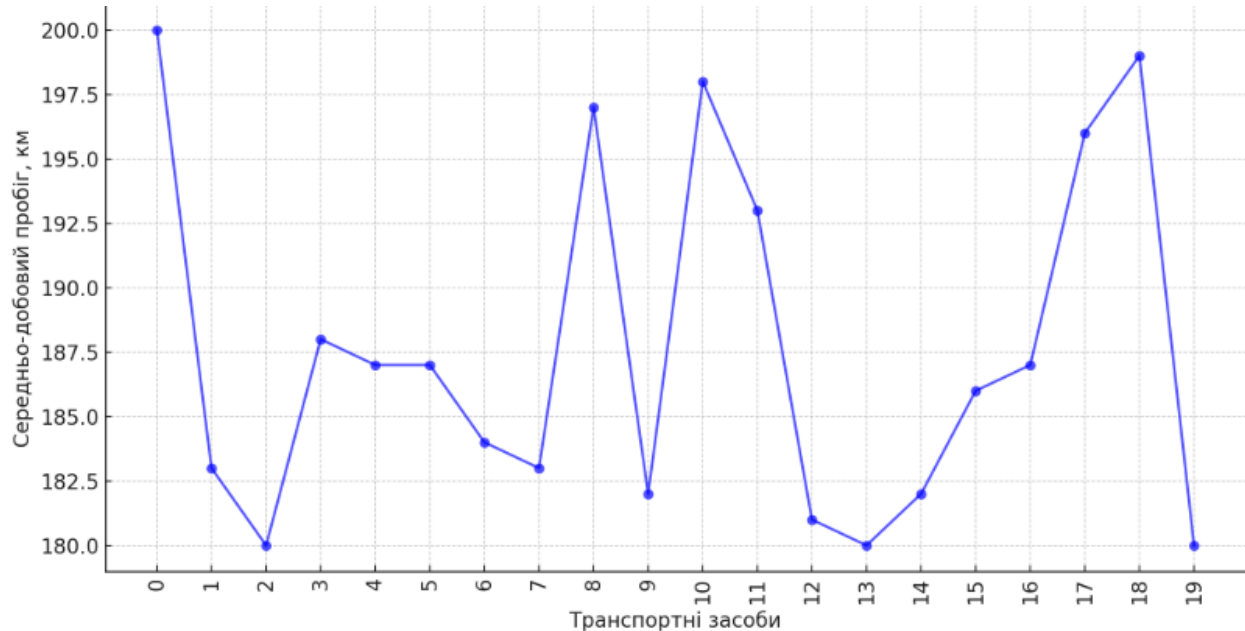


Рисунок 2.1 – Графік середнього пробігу таксомоторів

2.2 Аналіз експлуатаційних показників та розрахунок потреби в автомобілях-таксі для міста Тернопіль

Коефіцієнт використання автопарку (КВА) показує, наскільки інтенсивно використовуються автомобілі у таксопарку, порівняно з максимально можливою кількістю робочих днів у місяці. Розраховується він за формулою:

$$\alpha_{\theta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{D_{max}} \quad (2.3)$$

де N – загальна кількість автомобілів;
 D_i – фактична кількість робочих днів для кожного автомобіля,
 D_{max} – максимальна можлива кількість робочих днів (у нашому випадку 30).

У нашому випадку середнє значення становить 0,895, що означає, що в середньому кожен автомобіль працює 89,5% від свого потенційного часу.

Було зібрано інформацію де відображена кількість викликів 21 транспортного засобу протягом місяця (листопад 2024 р.). Для кожного транспортного засобу відображені значення у вигляді кількості викликів за конкретний день. Теплова карта (heatmap) (рис 2.2) показує інтенсивність викликів транспортних засобів протягом місяця. Середнє арифметичне значення кількості викликів (Додаток 1) для транспортних засобів за добу становить приблизно $N_{\text{поїздок.д}} = 18,86$.

Середня відстань поїздки пасажира – це середня довжина маршруту, яку проходить таксі з одним пасажиром за одну поїздку. Цей показник важливий для оцінки ефективності роботи таксі, розрахунку витрат на паливо та тарифікації.

Якщо відомий загальний пробіг, витрачений на пасажирські перевезення, і кількість поїздок, можна використати таку формулу:

$$L_m^{\text{ср.}} = \frac{L_m^{\text{доб.}}}{N_{\text{поїздок.д}}} \quad (2.4)$$

де $N_{\text{поїздок.д}}$ – загальна кількість поїздок автомобіля-таксі за добу.

$$L_m^{\text{ср.}} = \frac{187,65}{18,86} = 9,95$$

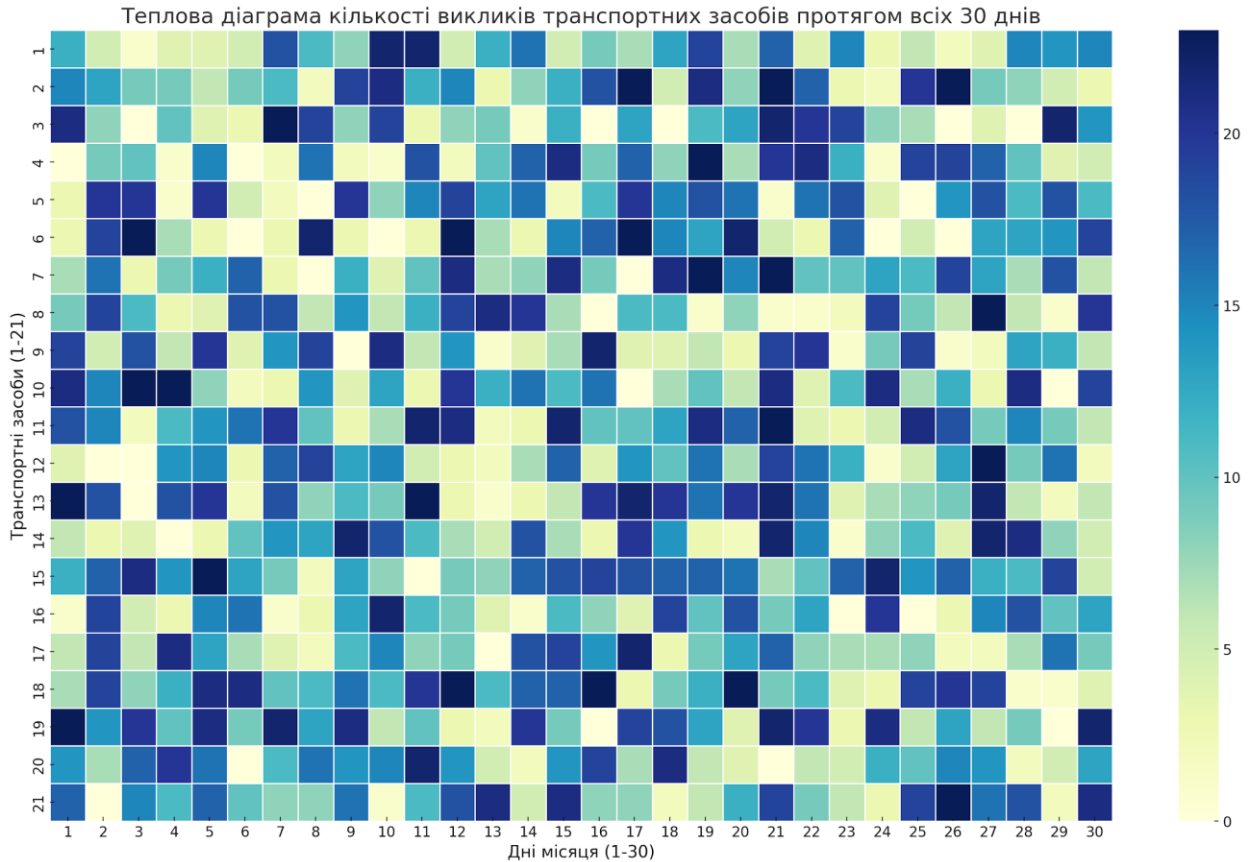


Рисунок 2.2 – Теплова діаграма викликів транспортних засобів
протягом місяця

Візьмемо наступні коефіцієнти із статистичних даних відповідно до кількості населення міста $q_m = 2.5$ пас./поїздки, $\gamma_m = 0.8$, $\beta_{пл} = 0.75$. $W_m^{річн} = 17$ 598 пасажирів на рік, це означає, що один автомобіль таксі в середньому перевозить близько 17,6 тис. пасажирів щорічно за наведених умов експлуатації.

Розрахована облікова кількість автомобілів-таксі для Тернополя розраховується із залежності:

$$N_a = \frac{1000 \cdot Q_m^{річн} \cdot n_{поїзд}}{W_m^{річн}} \quad (2.5)$$

Приблизна кількість таксі, необхідна для забезпечення річного обсягу перевезень пасажирів у місті Тернопіль $N_a = 188$ автомобілів.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок вартості зарядних станцій

Виконаємо розрахунок таксопарку, який складається з 188 електромобілів.

Для таксопарку, що складається з $N_a=188$ електромобілів, кількість необхідних зарядних станцій залежить від типу зарядних пристроїв, графіка роботи автомобілів та часу, відведеного на підзарядку. Використання повільних зарядних станцій змінного струму (АС) потужністю 7–22 кВт дозволяє повністю зарядити електромобілі за 4–8 годин, що робить їх придатними для нічного заряджання. Швидкі зарядні станції постійного струму (DC) потужністю 50–150 кВт скорочують час заряджання до 30–90 хвилин, що дозволяє підтримувати безперервну роботу автомобілів у кілька змін. Найпотужніші ультрашвидкі зарядні станції (150+ кВт) можуть зарядити батарею електромобіля всього за 15–30 хвилин, що є оптимальним варіантом для інтенсивної експлуатації.

Якщо електромобілі працюють у дві зміни без тривалих простоїв, таксопарку знадобиться більше станцій швидкого заряджання. У випадку, коли автопарк працює лише у денний час, а вночі всі машини заряджаються на станціях змінного струму, можна обійтися меншою кількістю точок підключення.

Розрахунки показують, що при використанні повільних АС-зарядок для нічного заряджання одна станція може обслуговувати приблизно 4–5 електромобілів, тому для парку з 188 автомобілів потрібно близько 38–47 зарядних станцій. Якщо використовувати швидкі DC-зарядки потужністю 50–150 кВт, одна станція може обслуговувати три електромобілі, що скорочує

необхідну кількість зарядних точок до 62–63. У випадку використання лише ультрашвидких зарядних станцій (150+ кВт), де одна станція може заряджати два автомобілі, буде потрібно приблизно 94 зарядних станції.

Найбільш ефективним варіантом для таксопарку буде комбіноване використання різних типів зарядних станцій. Оптимальним рішенням буде встановлення 40–45 повільних станцій змінного струму (АС) потужністю 22 кВт для нічного заряджання, що дозволить заряджати більшість електромобілів під час простою. Для швидкої підзарядки протягом дня варто додати 15–20 швидких DC-зарядок, які забезпечать безперервну роботу таксі та зменшать ризик затримок через низький заряд акумуляторів.

Вартість зарядних станцій залежить від їхньої потужності та функціональності. Згідно з інформацією від компанії UGV Chargers, ціни на різні моделі зарядних станцій в Україні є такими:

Настінні зарядні станції (АС):

- Модель потужністю 7 кВт: приблизно 63,524 грн.
- Модель потужністю 22 кВт: приблизно 66,625 грн.

Підлогові зарядні станції (АС):

- Модель потужністю 22 кВт: приблизно 78,603 грн.

Швидкі зарядні станції (DC):

- Модель потужністю 60 кВт: приблизно 1,069,430 грн.
- Модель потужністю 80 кВт: приблизно 1,114,881 грн.
- Модель потужністю 120 кВт: приблизно 1,479,557 грн.
- Модель потужністю 160 кВт: приблизно 1,581,955 грн.
- Модель потужністю 240 кВт: приблизно 3,068,597 грн.

Ціни включають ПДВ та розраховані за курсом євро 44.5596 станом на 7 березня 2025 року. Для домашнього використання зазвичай вибирають менш

потужні зарядні станції потужністю 7–22 кВт, тоді як для комерційного транспорту, зокрема для таксопарків, доцільніше інвестувати у швидкі зарядні станції (60–240 кВт), які забезпечують оперативне зарядження електромобілів.

Крім цього, компанія ТОКА пропонує зарядні станції, що працюють через мобільний додаток ТОКА network або за допомогою RFID-карт. Вартість таких станцій залежить від кількості портів та їхніх функціональних можливостей.

При виборі зарядної станції для таксопарку необхідно враховувати технічні особливості електромобілів та електромережі, до якої вони будуть підключені. Деякі моделі електромобілів заряджаються лише через однофазний струм, тоді як інші можуть використовувати трифазне підключення, що безпосередньо впливає на вибір відповідного типу зарядної інфраструктури.

Таким чином, для ефективної роботи таксопарку, що складається з 188 електромобілів, оптимальним рішенням буде комбінація 40–45 повільних АС-зарядних станцій для нічного зарядження та 15–20 швидких DC-зарядок для забезпечення оперативної підзарядки вдень. Це дозволить підтримувати безперебійну роботу таксі без зайвих простоїв, водночас зменшуючи витрати на інфраструктуру зарядження.

Розраховано загальну вартість зарядних станцій для таксопарку з 188 електромобілів. Загальна сума складає 26 242 209 грн (табл 3.1)

Таблиця 3.1 - Розрахунок вартості зарядних станцій

Тип зарядної станції	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
АС 22 кВт	42	78603	3301326
DC 60 кВт	9	1069430	9624870

DC 120 кВт	9	1479557	13316013
------------	---	---------	----------

Витрата електроенергії для подолання одного кілометра шляху електромобілями Nissan Leaf та Mitsubishi i-MiEV залежить від багатьох факторів, зокрема стилю водіння, погодних умов, рельєфу місцевості та використання кліматичних систем. Для Nissan Leaf першого покоління з батареєю 24 кВт·год середнє енергоспоживання становить приблизно 0,15-0,18 кВт·год/км. У більш пізніх версіях із батареєю 40 кВт·год витрата електроенергії знижується до 0,13-0,15 кВт·год/км завдяки вдосконаленій енергоефективності. Модифікація з батареєю 62 кВт·год має трохи вищу витрату, яка може сягати 0,15-0,17 кВт·год/км, що пов'язано з більшою вагою автомобіля.

Mitsubishi i-MiEV, оснащений батареєю на 16 кВт·год, демонструє нижче енергоспоживання порівняно з Nissan Leaf через компактніші розміри та меншу масу. В міському циклі середня витрата електроенергії становить 0,12-0,14 кВт·год/км. При активному використанні клімат-контролю або під час руху на швидкості понад 90 км/год витрата може зрости до 0,15-0,16 кВт·год/км.

Загалом Mitsubishi i-MiEV є більш енергоефективним завдяки своїм конструктивним особливостям, тоді як Nissan Leaf пропонує більший запас ходу та комфорт, що може впливати на загальне енергоспоживання. В реальних умовах витрата електроенергії може змінюватися залежно від температури повітря, стану дороги та швидкості руху, що варто враховувати при плануванні експлуатації цих електромобілів.

3.2 Розрахунок річної витрати палива автомобілів таксі, котрі працюють на рідкому паливі

Визначимо середній річний пробіг автомобіля-таксі, виходячи із отриманих даних $L_m^{\text{міс}} = 5019,52$ км

$$L_{\text{річн}} = L_m^{\text{міс}} \cdot 12 \quad (3.1)$$

$$L_{\text{річн}} = 5019,52 \cdot 12 = 60\,234,29 \text{ км}$$

Для такстопарку, який складається з $N_a=188$ автомобілів, котрі працюють на рідкому паливі, витрати на паливо за 1 рік становлять:

$$E_p = \frac{L_{\text{річн}} \cdot N_a}{100} \cdot c \cdot r \quad (3.2)$$

де c – ціна на паливо, грн;

r – середній розхід палива, л/100км;

Розрахуємо середні витрати на паливо користуючись табличними даними (табл. 3.2)

$$V_{\text{п}} = \sum c \cdot r$$

Середні витрати на паливо згідно з цією таблицею становлять приблизно $V_{\text{п}} = 387,14$ грн/100 км.

Розрахуємо річні витрати на паливо розрахункової кількості автомобілів таксі на рідкому паливі:

$$E_p = \frac{L_{\text{річн}} \cdot N_a}{100} \cdot V_{\text{п}} = \frac{60\,234,29 \cdot 188}{100} \cdot 387,14 = 43\,839\,913,70 \text{ грн}$$

Таблиця 3.2 - Витрати пального та середній розхід транспортних засобів таксі

Підприємство	№п.п ТЗ	Марка авто	Вид палива	Середній розхід полива, л/100км	Витрати на пальне, грн/100 км
Таксі Пілот	1	Volkswagen Passat B5	Дизель	6.5	390
Таксі Пілот	2	Skoda Octavia	Бензин	7.0	420
Таксі Пілот	3	Skoda Octavia G-TEC	Газ	4.5	270
Таксі Пілот	4	Volkswagen Passat B6	Дизель	6.0	360
Таксі Пілот	5	Mitsubishi Lancer	Бензин	7.5	450
Таксі 838	6	Volkswagen Passat B7	Дизель	6.2	372
Таксі 838	7	Audi A6	Бензин	8.5	510
Таксі 838	8	Renault Logan MCV	Дизель	5.8	348
Таксі 838	9	Toyota Corolla 2.0 D-4D	Дизель	5.5	330
Таксі 838	10	Hyundai Accent Blue	Бензин	6.7	402
Uklon	11	Skoda Octavia Combi	Бензин	6.3	378
Uklon	12	Renault Logan TCe	Бензин	5.9	354
Uklon	13	Volkswagen Passat TDI	Дизель	5.7	342
Uklon	14	Hyundai Accent RB	Бензин	6.1	366
Uklon	15	Renault Logan Stepway	Дизель	5.6	336
Опті таксі 579	16	Skoda Octavia III	Бензин	6.4	384
Опті таксі 579	17	Daewoo Lanos	Бензин	8.0	480
Опті таксі 579	18	Volkswagen Passat Variant	Дизель	5.5	330
Опті таксі 579	19	Toyota Corolla 1.4 D-4D	Дизель	5.0	300
Опті таксі 579	20	Opel Vivaro	Дизель	7.8	468
Опті таксі 579	21	Mercedes-Benz Viano	Дизель	9.0	540

3.3. Розрахунок річної витрати палива електричних таксі

З урахуванням ККД зарядного пристрою, отримуємо вартість 1 кВт·год. енергії $C_{\text{ЕЛТАБ}}$, грн./кВт·год, що запасється в тяговій акумуляторній батареї електромобіля від стандартної електричної мережі 220 В, 50 Гц:

$$C_{\text{ЕлТАБ}} = \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де $C_{\text{кВт}}$ - тариф на електроенергію за 1 кВт·год.;

η - ККД зарядного пристрою, %.

Вартість електроенергії $C_{\text{Електро}}$, грн./км, що витрачає електромобіль на подолання 1 км шляху, можна розрахувати за формулою:

$$C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot C_{\text{ЕлТАБ}}, \quad (3.2)$$

де $W_{\text{Ел}}$ – витрата електроенергії акумуляторної батареї електромобіля для подолання 1 км шляху, кВт·год./км. Формула (3.2) з урахуванням формули (3.1) отримує вигляд:

$$C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

Розрахуємо загальну вартість електроенергії, спожиту автомобілями-таксі протягом року при річному пробігу $L_{\text{річн}} = 60\,234,29$ км для такстопарку, який складається з $N_a = 188$ електромобілів.

$$E_e = C_{\text{Електро}} \cdot L_{\text{річн}} \cdot N_a \quad (3.4)$$

$$E_e = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\% \cdot L_{\text{річн}} \cdot N_a$$

Прийmemo для запропонованих транспортних засобів $W_{El} = 0.15$ кВт·год./км.

Станом на лютий 2025 року тарифи на електроенергію в Україні залежать від категорії споживачів та умов використання. Для побутових споживачів діє базовий тариф у розмірі 4,32 грн за 1 кВт·год. Також існує пільговий тариф для споживачів з електроопаленням у період з 1 жовтня по 30 квітня. Якщо споживання не перевищує 2000 кВт·год на місяць, тариф складає 2,64 грн за 1 кВт·год, а якщо перевищує – 4,32 грн за 1 кВт·год.

При наявності двозонного лічильника, тариф у денний час з 7:00 до 23:00 становить 4,32 грн за 1 кВт·год, а в нічний час з 23:00 до 7:00 – 2,16 грн за 1 кВт·год.

Для зарядних станцій електромобілів тарифи різняться залежно від типу станції. Домашні зарядки мають нічний тариф 2,64 грн за 1 кВт·год та денний тариф 4,32 грн за 1 кВт·год. Публічні зарядні станції мають різні тарифи залежно від потужності: для АС-станцій (перемінний струм, до 22 кВт) тариф становить приблизно 13,60 грн за 1 кВт·год, а для DC-станцій (швидкісні зарядки, постійний струм) – приблизно 17,36 грн за 1 кВт·год.

Так як левову частку таксомоторних перевезень здійснюють приватні транспортні засоби, розрахуємо загальну вартість електроенергії для проекту при пільговому (нічному) тарифі $C1_{кВт} = 2,64$ грн, базовому тарифі $C2_{кВт} = 4,32$ грн та для зарядних станцій $C3_{кВт} \approx 15$ грн.

ККД зарядного пристрою η — зазвичай ККД зарядних пристроїв коливається від 90% до 95%. Візьmemo середнє значення $\text{ККД} = 92,5\% = 0,925$.

Провівши розрахунки визначимо загальну вартість електроенергії, спожиту автомобілями-таксі протягом року при $C1_{кВт} = 2,64$ грн $E_e = 4\ 847\ 916,13$ грн, при $C2_{кВт} = 4,32$ грн $E_e = 7\ 932\ 953,67$ грн, при $C3_{кВт} \approx 15$ грн $E_e = 27\ 544\ 978$ грн

Найбільша економія досягається при використанні нічного тарифу на електроенергію (39,36 млн грн), що вказує на доцільність встановлення власних АС-зарядних станцій для нічного заряджання. Навіть при використанні денного тарифу економія залишається значною (36,4 млн грн). Використання публічних зарядних станцій менш економічно вигідне, однак все одно дає значну економію порівняно з автомобілями на рідкому паливі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження проаналізовано ефективність функціонування міського таксопарку в умовах можливого переходу на електромобілі та виконано порівняльну оцінку експлуатаційних витрат для традиційних і електричних транспортних засобів. Розраховано річний обсяг пасажирських перевезень автомобілями-таксі в місті Тернопіль, який становить близько 3,3 млн осіб, що відповідає приблизно 10% загального обсягу міських перевезень. На основі зібраних даних визначено середньодобовий пробіг автомобілів-таксі, який складає 187,65 км, що дає середньомісячний пробіг у межах 5019,52 км. Це свідчить про досить інтенсивне використання транспорту в межах міста. За таких умов продуктивність одного автомобіля становить близько 17,6 тис. перевезених пасажирів на рік, а для забезпечення потреб міста в перевезеннях необхідно 188 одиниць автомобілів-таксі. Особливу увагу приділено аналізу витрат на експлуатацію таксопарку з використанням традиційних транспортних засобів на рідкому паливі та електромобілів. Проведені розрахунки свідчать про суттєву різницю у витратах: таксопарк із 188 автомобілів на рідкому паливі потребує понад 43 млн грн на паливо щороку, тоді як електромобілі за найвищими тарифами зарядних станцій витрачають близько 27,5 млн грн. За умови використання пільгових тарифів вартість електроенергії може бути значно нижчою — близько 5 млн грн на рік. Для безперебійної роботи електротаксі необхідно впровадити зарядну інфраструктуру комбінованого типу, яка включає 40–45 повільних АС-станцій змінного струму для нічного заряджання та 15–20 швидкісних DC-станцій постійного струму для денного використання. Загальна вартість облаштування такої інфраструктури оцінюється в 26,2 млн грн.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що перехід на електромобілі є економічно доцільним і перспективним рішенням для міських таксопарків. Він забезпечує значне зменшення витрат на експлуатацію, знижує вплив на навколишнє середовище та дозволяє оптимізувати роботу транспортної системи міста.