

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
Транспортних технологій
та засобів у АПК
(назва кафедри)

_____ Савченко Л.А.

« _____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему *Визначення напрямків збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень*

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
(код і назва)

Освітня програма «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
(назва)

Гарант освітньої програми

кандидат технічних наук, доцент. _____ Савченко Лілія Анатоліївна
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.е.н., доцент _____ Юрченко Юлія Юріївна
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

_____ Дерев'янченко Максим Вікторович
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри транспортних технологій
та засобів у АПК
к.т.н., доцент _____ Савченко Л.А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на виконання випускної бакалаврської роботи студенту
Дерев'янченко Максиму Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітня програма «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи “ Визначення напрямків збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень ”

затверджена наказом ректора НУБіП України № 2099 від «26» листопада 2024 р.

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи:

1. Дані про стан транспортної інфраструктури м. Ірпінь (офіційна статистика, плани розвитку, наявність екологічного транспорту).
2. Національна транспортна стратегія України до 2030 року та місцеві програми сталого розвитку.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Охарактеризувати види та класифікацію транспортних засобів, що використовуються для пасажирських перевезень, з акцентом на їхній вплив на довкілля.
2. Визначити актуальні проблеми та сучасний стан громадського транспорту в Україні, визначити головні екологічні виклики галузі.
3. Проаналізувати особливості впровадження екологічних видів транспорту, зокрема переваги, недоліки та умови їх реалізації в урбаністичних середовищах.
4. Дослідити існуючу транспортну систему міста Ірпінь. Проаналізувати техніко-експлуатаційні показники діяльності автотранспортних підприємств.
5. Оцінити стан екологізації міста у контексті модернізації автотранспортної інфраструктури.
6. Розглянути вплив впровадження екологічного транспорту на підвищення безпеки руху та зменшення аварійності.
7. Окреслити концептуальні напрями комплексної екологічної модернізації транспортної системи м. Ірпінь.
8. Надати економічне обґрунтування доцільності переходу на екологічний транспорт у місті Ірпінь.

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація

Дата видачі завдання _____

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Юрченко Ю.Ю.

Завдання прийняв до виконання _____ Дерев'янченко М. В.

ВСТУП

Актуальність дипломної роботи зумовлена необхідністю термінового реагування на екологічні виклики, пов'язані з надмірними викидами від транспорту в міських умовах.

Мета даної дипломної роботи полягає в дослідженні проблем екологічності пасажирських перевезень та визначення шляхів підвищення ефективності впровадження екологічного транспорту у м. Ірпінь.

Об'єкт дослідження – організація системи пасажирських перевезень.

Предмет дослідження – напрямки збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень.

Завданнями дослідження є:

1. Охарактеризувати види та класифікацію транспортних засобів, що використовуються для пасажирських перевезень, з акцентом на їхній вплив на довкілля.
2. Визначити актуальні проблеми та сучасний стан громадського транспорту в Україні, визначити головні екологічні виклики галузі.
3. Проаналізувати особливості впровадження екологічних видів транспорту, зокрема переваги, недоліки та умови їх реалізації в урбаністичних середовищах.
4. Дослідити існуючу транспортну систему міста Ірпінь. Проаналізувати техніко-експлуатаційні показники діяльності автотранспортних підприємств.
5. Оцінити стан екологізації міста у контексті модернізації автотранспортної інфраструктури.
6. Розглянути вплив впровадження екологічного транспорту на підвищення безпеки руху та зменшення аварійності.
7. Окреслити концептуальні напрями комплексної екологічної модернізації транспортної системи м. Ірпінь.
8. Надати економічне обґрунтування доцільності переходу на екологічний транспорт у місті Ірпінь.

Методами дослідження є: метод аналізу та синтезу; діалектичний метод; емпіричні методи; системний підхід; метод спостереження; статистичний аналіз, порівняльний аналіз, узагальнення.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	9
1.1 Види та класифікація транспортних засобів для пасажирських перевезень.....	9
1.2 Актуальні проблеми та сучасний стан громадського транспорту в Україні.....	11
1.3 Екологічні види транспорту: особливості впровадження.....	16
1.4 Досвід зарубіжних країн у впровадженні екологічних технологій у пасажирські перевезення.....	20
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ІРПІНЬ.....	24
2.1 Загальна характеристика транспортної системи м. Ірпінь.	24
2.2 Аналіз техніко-експлуатаційних показників діяльності автотранспортних підприємств.....	28
2.3. Стан екологізації міста у контексті плану модернізації автотранспортної інфраструктури Ірпеня.....	35
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА РУХУ. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	43
3.1. Вплив екологічного транспорту на зменшення аварійності.....	43
3.2 Охорона праці водіїв та технічного персоналу.....	48
Розділ 4. ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ М. ІРПІНЬ.....	58
4.1. Концептуальні напрями комплексної екологічної модернізації транспортної інфраструктури м. Ірпінь з мотиваційним модулем для стейкхолдерів.....	57
4.2. Економічне обґрунтування стратегії переходу на екологічний транспорт в місті Ірпінь".....	66
Висновки.....	73
Використані джерела інформації.....	76

ВСТУП

Зростаючий рівень урбанізації та інтенсивний розвиток міського транспорту спричиняють значне екологічне навантаження на навколишнє середовище. Швидке зростання населення міст та збільшення кількості транспортних засобів призводять до підвищеного рівня забруднення повітря, що негативно впливає на здоров'я мешканців та загальний рівень якості життя. Викиди оксидів азоту (NO_x), твердих частинок (PM2.5 та PM10), вуглекислого газу (CO₂) та інших шкідливих речовин спричиняють розвиток серцево-судинних та респіраторних захворювань, а також сприяють глобальному потеплінню.

Окрім забруднення повітря, традиційний транспорт є одним із головних джерел шумового забруднення, що призводить до зростання рівня стресу, порушень сну та інших проблем зі здоров'ям. Інтенсивний рух транспорту також спричиняє зростання заторів, що негативно впливає на міську мобільність, підвищує витрати часу для мешканців і знижує продуктивність економічної діяльності.

Екологічний транспорт є ключовим елементом сталого розвитку міст, оскільки сприяє зменшенню викидів парникових газів та покращенню якості життя мешканців. Використання екологічно чистого транспорту, такого як електромобілі, водневі автобуси, громадський електротранспорт (трамваї, тролейбуси) та велоінфраструктура, допомагає знизити рівень забруднення повітря, зменшити залежність від викопного палива та покращити міську мобільність. Запровадження розумних транспортних систем, каршерінгу та розвитку громадського електротранспорту дозволяє знизити навантаження на міську інфраструктуру та сприяє ефективному використанню міського простору.

Тому важливим завданням є збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень. Це сприятиме зменшенню негативного впливу

на екологію, покращенню стану повітря, зниженню рівня шуму, скороченню витрат енергоресурсів та підвищенню рівня здоров'я населення. Крім того, інвестиції у розвиток екологічного транспорту мають позитивний економічний ефект: створення нових робочих місць, розвиток технологій, зменшення витрат на медичне обслуговування та підвищення туристичної привабливості міст.

Ступінь дослідження проблеми. Дана робота ґрунтується на аналізі наявних досліджень даного питання, оприлюднених у вільному доступі в мережі Інтернет. Наприклад, проблематика організації автоперевезень розглядається в статті [17], в якій аналізується ефективна організація міського пасажирського транспорту, зокрема, з урахуванням екологічних аспектів. Питання екологічної складової в організації пасажирських перевезень детально розглядається в монографії [12], монографія, яка детально аналізує вплив автомобільного транспорту на довкілля та пропонує заходи для зниження негативного екологічного впливу. «Організація перевезень і безпека транспорту» [15] – у цій роботі розглядається екологічна стійкість міського автомобільного транспорту та його вплив на навколишнє середовище.

У зазначених наукових працях пропонується комплекс заходів для мінімізації негативного впливу транспорту на довкілля. Одним із ключових напрямів є впровадження екологічно чистого громадського транспорту, такого як електробуси, тролейбуси та трамваї, а також оптимізація маршрутної мережі для зменшення пробігів транспорту і використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) для зниження заторів і викидів.

На міжнародному рівні передбачено збільшення частки електрифікованого транспорту, використання альтернативних видів пального (біопаливо, водень) та запровадження європейських екологічних стандартів (EURO 6). Крім того, акцент робиться на контролі екологічного стану автопарку шляхом переходу на екологічно безпечні транспортні засоби, застосуванні сучасних систем

моніторингу викидів та підвищенні кваліфікації водіїв щодо економного стилю водіння.

Також наголошується на необхідності поступової заміни застарілих транспортних засобів на більш екологічні, розширенні мережі зарядних станцій для електротранспорту та використанні екологічних матеріалів у виробництві автомобілів. Державне регулювання має сприяти стимулюванню підприємств до переходу на екологічні технології, посиленню екологічного контролю за викидами транспорту та запровадженню податкових пільг для компаній, що використовують екологічний транспорт.

Загалом, реалізація цих заходів сприятиме зменшенню негативного впливу транспорту на навколишнє середовище, покращенню якості повітря у містах та підвищенню ефективності пасажирських перевезень.

Враховуються не лише академічні статті, але й дані екологічних організацій, звіти муніципальних установ, результати практичних впроваджень у різних містах світу.

Мета даного дипломного проекту полягає в дослідженні проблем екологічності пасажирських перевезень та визначення шляхів підвищення ефективності впровадження екологічного транспорту у м. Ірпінь.

Об'єкт дослідження – організація системи пасажирських перевезень.

Предмет дослідження – напрямки збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень.

Завдання дослідження: проаналізувати існуючу систему перевезень у м. Ірпінь (структура маршрутної мережі, техніко-економічні показники, основні проблеми); визначити основні недоліки поточної системи міського транспорту та їх вплив на ефективність перевезень; проаналізувати світові практики впровадження екологічних транспортних рішень у конкретному міському середовищі; розробити пропозиції щодо оптимізації маршрутної мережі та модернізації транспортної інфраструктури; оцінити економічну доцільність

впровадження екологічного транспорту шляхом порівняння витрат дизельного та електричного транспорту; дослідити екологічні аспекти модернізації транспорту, зокрема можливе зменшення викидів парникових газів; розробити рекомендації щодо підвищення рівня безпеки та охорони праці в сфері міських перевезень.

Методами дослідження є: метод аналізу та синтезу; діалектичний метод; емпіричні методи; системний підхід; метод спостереження; статистичний аналіз, порівняльний аналіз, узагальнення.

Таким чином, комплексний підхід до аналізу та прогнозування розвитку екологічного транспорту дозволить оцінити його потенційний внесок у покращення екологічної ситуації та якості життя мешканців міст.

Публікації за темою дослідження:

1. Впровадження екологічного транспорту як інструменту сталого розвитку міських перевезень у місті Ірпінь

Дерев'янченко М. В. Національний університет біоресурсів і природокористування України, студент // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура», 17–19 квітня 2025 р., м. Київ. – К.: НУБіП України, 2025. – С. [додано до друку].

2. Удосконалення екологічної стійкості пасажирських автомобільних перевезень в умовах сучасних транспортних систем

Дерев'янченко М. В., Удод В. С. Національний університет біоресурсів і природокористування України, студенти // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура», 17–19 квітня 2025 р., м. Київ. – К.: НУБіП України, 2025. – С. [додано до друку].

Структура бакалаврської роботи включає в себе вступ, чотири розділи основної частини, висновки та додатки. Загальний об'єм роботи складає 92 сторінки. У дипломній роботі міститься 10 рисунків, та 14 таблиць. Список використаної літератури налічує 31 джерел.

РОЗДІЛ 1. Теоретичні засади покращення екологічності пасажирських перевезень.

1.1. Види та класифікація транспортних засобів для пасажирських перевезень

Транспортна система є основою господарського та промислового освоєння територій. Від ступеня забезпеченості та доступності транспортних послуг залежать можливості територіального розвитку як економіки, а й соціальної сфери населення, його якості життя (Додаток А). Роль транспортного комплексу для економіки очевидна і її необхідно розглядати не тільки з точки зору інфраструктури, яка повинна сприяти розвитку всіх галузей економіки, а й як самостійну галузь економіки, динаміку розвитку якої можна охарактеризувати через показники валової доданої вартості, вартості основних фондів та інвестицій.

Транспорт класифікується за різними ознаками, що відображають його функціональне призначення [1], спосіб пересування та інші характеристики. Нижче наведено основні підходи до класифікації транспорту:

1) За видом перевезень: пасажирський транспорт- призначений для перевезення людей (автобуси, тролейбуси, трамваї, метрополітен, легкові автомобілі); вантажний транспорт- використовується для перевезення товарів і вантажів (вантажні автомобілі, поїзди, вантажні судна).

2) За призначенням: магістральний (загального користування)-обслуговує широке коло споживачів і забезпечує перевезення на великі відстані (залізничний, автомобільний, річковий, морський, авіаційний транспорт); немагістральний- використовується для внутрішніх потреб підприємств або міських перевезень (промисловий, міський транспорт).

3) За видом шляхів сполучення: наземний (сухопутний)- включає залізничний, автомобільний та трубопровідний транспорт; водний-поділяється

на річковий та морський транспорт; повітряний- представлений авіаційним транспортом (літаки, гелікоптери).

4) За способом переміщення: дискретний транспорт- переміщує вантажі або пасажирів окремими партіями чи одиницями за допомогою транспортних засобів, що рухаються незалежно (автомобілі, поїзди, судна, літаки); неперервний транспорт- забезпечує безперервний потік переміщення вантажів за допомогою конвеєрів, трубопроводів тощо.

5) За типом енергії приводу: з двигунами внутрішнього згоряння- використовують бензинові або дизельні двигуни (автомобілі, дизельні поїзди); електричний транспорт- працює на електроенергії (трамваї, тролейбуси, електропоїзди, метрополітен); комбінований- поєднує різні види енергії (дизель-електричні локомотиви).

6) За використанням вуличного простору (для міського транспорту): вуличний транспорт- рухається по загальноміських дорогах (автобуси, тролейбуси, трамваї); позавуличний транспорт- функціонує на окремих шляхах, не перетинаючись з іншими видами транспорту (метрополітен, монорейковий транспорт, канатні дороги).

7) За швидкістю сполучення: звичайний транспорт: має середню швидкість сполучення (автобуси, тролейбуси, трамваї зі швидкістю 18-20 км/год); швидкісний транспорт: забезпечує вищу швидкість перевезень (метрополітен, швидкісний трамвай, швидкісна залізниця зі швидкістю 25-45 км/год).

Екологічні види транспорту – це ті, що мають мінімальний вплив на довкілля, знижують рівень забруднення повітря та шумового навантаження. Вони поділяються на безвуглецеві, низьковуглецеві та енергоефективні варіанти [1]. До них відносять: велосипедний транспорт; електротранспорт (тролейбуси, трамваї, електробуси, електропоїзди, метро); електромобілі та гібридні авто; водний транспорт на відновлюваній енергії (сонячні та

електричні катери); водневий транспорт (Автомобілі на водні (FCEV), Водневі пороми, Водневі поїзди)(Додаток К).

На мою думку, впровадження екологічного транспорту є ключовим кроком до зменшення негативного впливу на довкілля та покращення якості життя населення. Основні особливості цього процесу включають стимулювання використання екологічно чистих транспортних засобів через субсидії, податкові пільги та інші фінансові інструменти, розвиток інфраструктури для електромобілів, громадського транспорту та велосипедистів, впровадження жорсткіших екологічних стандартів, що обмежують використання забруднюючих транспортних засобів, підвищення обізнаності населення через інформаційні кампанії та освітні програми, а також інтеграцію екологічного транспорту в міське планування для зменшення використання приватних авто. Успішне впровадження таких заходів потребує комплексного підходу та співпраці між державою, бізнесом і громадянами.

1.2. Актуальні проблеми та сучасний стан громадського транспорту в Україні

У більшості міст України домінуючим видом транспорту залишаються автомобілі з двигунами внутрішнього згорання[8]. Громадський транспорт в Україні стикається з низкою серйозних проблем, які впливають на його ефективність і комфорт для пасажирів. Однією з основних є застарілість рухомого складу, особливо в малих містах. Значна частина автобусів, тролейбусів і трамваїв експлуатуються понад встановлені терміни, що призводить до частих поломок, низького рівня комфорту та підвищених викидів забруднюючих речовин у повітря.

Ще однією гострою проблемою є нерозвинена інфраструктура. Брак спеціальних смуг для громадського транспорту, недостатня кількість сучасних

зупинок, відсутність оновлених депо та застарілі диспетчерські системи ускладнюють організацію пасажирських перевезень[17]. Це призводить до заторів, нерегулярного руху транспорту та незручностей для пасажирів.

Тарифна політика також залишається суперечливою. У багатьох містах ціни на проїзд не відповідають якості послуг, а фінансування муніципального транспорту є недостатнім. Це обмежує можливості для оновлення транспорту та покращення умов перевезень.

Окремою проблемою є велика кількість маршрутних таксі, які продовжують відігравати важливу роль у перевезенні пасажирів. Проте багато з них перебувають у незадовільному технічному стані, не забезпечують належного рівня безпеки та комфорту.

Попри розвиток електротранспорту, його частка залишається недостатньою. У більшості міст переважають дизельні та бензинові автобуси, які мають значний негативний вплив на довкілля. Впровадження сучасних електронних систем, таких як електронний квиток, відбувається повільно, що зберігає проблеми з непрозорістю фінансових потоків та неефективністю транспортної системи.

Так, в Україні здійснюється облік пасажиропотоку за різними видами транспорту. Згідно зі статистичним збірником "Транспорт України" за 2023 рік, опублікованим Державною службою статистики України, надається детальна інформація про стан і розвиток транспорту, включаючи розподіл пасажирообігу за видами транспорту. Згідно зі статистичними даними станом на 01.01. 2024 року частка перевезень автомобільним транспортом становить 39,4% від загальних пасажироперевезень.

Найбільш забруднені міста України через високу щільність транспорту - Київ, Львів, Харків, Одеса, Дніпро. Київ регулярно входить до ТОП-50 міст

світу з найгіршою якістю повітря. Пік забруднення повітря припадає на вечірні години пік. Значна частина автопарку в Україні складається з авто з Євро-2, Євро-3 (старі стандарти з високими викидами).

Розробка міської транспортної стратегії відповідно до екологічних стандартів є ключовим етапом на шляху до сталого розвитку міської інфраструктури. В Україні вже зроблено значні кроки в цьому напрямку.

У 2024 році Кабінет Міністрів України схвалив оновлену Національну транспортну стратегію на період до 2030 року [6]. Цей документ визначає основні напрями розвитку транспортної системи країни, включаючи інтеграцію екологічних стандартів та практик. Метою стратегії є відновлення транспортної системи, яка постраждала внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України, на якісно вищому рівні, забезпечення її інноваційного розвитку, інтеграції у світову транспортну мережу, підвищення безпеки та екологічності транспорту.

В Україні розроблені стратегії, які стосуються втілення положень Європейської зеленої угоди, це:

- «Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року;
- Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, що передбачає зниження викидів забруднюючих речовин від транспорту на 70% порівняно з рівнем 2015 року;
- Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року;
- Національна економічна стратегія, яка ставить за мету досягнення кліматичної нейтральності до 2060 року[29].

У 2021 року був ухвалений оновлений Національно визначений внесок України до Паризької угоди, що ставить за мету скоротити викиди парникових газів на 65% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 році» [29].

Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року

визначає «екологічні» проблеми, що потребують розв'язання:

1. Недостатній контроль за безпекою транспорту, зокрема у сфері охорони навколишнього середовища, відсутність відповідальності за порушення екологічного законодавства та низька культура населення щодо природоохоронних заходів.
2. Відсутність стимулів для впровадження альтернативних джерел енергії на об'єктах транспортної інфраструктури.
3. Велике антропогенне навантаження на довкілля, високі рівні забруднення повітря та шуму від автотранспорту в житлових зонах.
4. Проблеми з утилізацією зношених шин, відпрацьованих олив та старих транспортних засобів.
5. Вплив автотранспорту на глобальні зміни клімату.
6. Недостатнє впровадження енергозберігаючих технологій у транспортному секторі.
7. Поганий стан охорони річкових екосистем, оселищ та видів, що охороняються законом, у процесах розвитку річкової інфраструктури та днопоглиблення.
8. Відсутність законодавчого регулювання польотів безпілотних літальних апаратів та орнітологічної ситуації в аеропортах.
9. Недостатня або відсутня система захисту лісових насаджень у смугах відведення автодоріг та залізниць.
10. Недостатність велосипедних доріжок і пішохідних зон у містах [29].

Одним із пріоритетів Програми є: «підвищення рівня безпеки та зменшення негативного впливу транспортного сектору на довкілля, підвищення якості надання транспортних послуг, а також створення умов, які уможливають поступову інтеграцію України у внутрішній ринок ЄС» [29].

Протягом найближчих 30 років очікується значне зниження негативного впливу двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на навколишнє середовище завдяки впровадженню новітніх технологій та переходу до альтернативних

видів палива. Сучасні дослідження спрямовані на підвищення паливної ефективності та зменшення токсичності викидів, що досягається завдяки впровадженню нових конструкцій двигунів, використанню якісних паливних присадок та вдосконаленню систем очищення вихлопних газів. Крім того, все більш перспективним напрямком стає використання водню як палива, оскільки його спалювання не призводить до викидів CO₂. Водночас для повноцінного переходу на водневу енергетику необхідно розробити національні стратегії та забезпечити відповідну інфраструктуру.

Також важливим напрямком є вдосконалення методів очищення викидів. Впровадження сучасних технологій, таких як селективне каталітичне відновлення (СКВ), дозволяє ефективно знижувати викиди оксидів азоту від різних типів двигунів, що є критично важливим для зменшення забруднення повітря у великих містах.

Завдяки цим заходам прогнозується поступове зниження шкідливого впливу ДВЗ на довкілля протягом наступних трьох десятиліть, що сприятиме покращенню екологічної ситуації та зменшенню рівня забруднення повітря у міських районах.

Одним із ключових факторів у скороченні викидів є електрифікація транспорту. Багато країн встановлюють амбітні цілі щодо зменшення парникових газів: США планують скоротити викиди на 52% до 2030 року, Індія – на 45%, а Китай прагне зменшити викиди вуглецю на 20% до 2035 року та досягти вуглецевої нейтральності до 2060 року. Ці плани включають активний розвиток електромобільності та зменшення залежності від традиційних ДВЗ[26].

1.3. Екологічні види транспорту: особливості впровадження

Останніми роками спостерігається зростання популярності електромобілів та громадського електротранспорту.

Екологічний транспорт включає в себе електромобілі, гібридні автомобілі, громадський електротранспорт (трамваї, тролейбуси, електробуси), велосипеди та інші види транспорту, що мінімізують шкідливі викиди (Додаток К). Світові тенденції демонструють активний перехід на використання таких транспортних засобів через посилення екологічних стандартів та розвиток альтернативних джерел енергії.

Основними бар'єрами для масового впровадження екологічного транспорту є висока вартість електромобілів, недостатня кількість зарядних станцій та недостатня державна підтримка.

З огляду на поточну ситуацію вимальовуються наступні напрямки руху щодо збільшення частки екологічного транспорту: розвиток інфраструктури – будівництво нових зарядних станцій, облаштування спеціальних смуг руху для екологічного транспорту; фінансова підтримка – надання субсидій, податкових пільг та кредитів на придбання електромобілів і велосипедів; законодавчі ініціативи – впровадження жорсткіших екологічних норм, стимулювання переходу на екологічні види транспорту; популяризація екологічного транспорту – проведення інформаційних кампаній, заохочення до використання велосипедів і громадського електротранспорту; впровадження передових технологій – розвиток водневого транспорту, покращення ефективності акумуляторних батарей[12].

Актуальність питання розвитку екологічного транспорту часто розглядається крізь призму зниження викидів вуглекислого газу та поліпшення якості повітря в містах. Однак важливим аспектом є джерела електроенергії, які використовуються для його функціонування. Більшість електротранспорту

працює завдяки електроенергії, виробленій на теплових електростанціях (ТЕЦ) та атомних електростанціях (АЕС), що ставить під питання його абсолютну екологічність.

ТЕЦ, які спалюють вугілля, газ або мазут, залишають значний вуглецевий слід і спричиняють викиди забруднюючих речовин, хоча вони відбуваються не в самих містах, а в місцях генерації електроенергії. Це означає, що електротранспорт лише переносить проблему викидів із міст на промислові райони, а не усуває її повністю. Водночас АЕС, хоча й не створюють викидів CO₂ у процесі роботи, несуть ризики ядерної безпеки та генерують радіоактивні відходи, що потребують складних технологій для їхнього зберігання та утилізації.

Окремою важливою проблемою є утилізація електробатарей, які мають обмежений термін служби. Літій-іонні батареї, що широко використовуються в електротранспорті, містять токсичні метали (літій, кобальт, нікель) [11], які становлять небезпеку для довкілля при неправильній утилізації. Наразі процеси переробки таких батарей є дорогими та технічно складними, а у багатьох країнах немає розвиненої інфраструктури для їх екологічно безпечної утилізації. Накопичення відпрацьованих акумуляторів може спричинити нові екологічні проблеми, які потребують комплексного вирішення, включно з розробкою ефективних методів переробки, повторного використання матеріалів та переходу на більш екологічні технології акумуляторів.

В результаті детального аналізу проблем експлуатації традиційного та екологічного транспорту ми провели SWOT-аналіз, у якому систематизували всі сильні та слабкі сторони, а також можливості та загрози. Цю роботу було виконано після ретельного вивчення наукових джерел та літератури, що дозволило нам скласти дві таблиці, які відображають усі основні аспекти цієї проблеми. Таке дослідження дозволило глибше зрозуміти поточний стан галузі

та визначити ключові напрямки для покращення. Аналіз проблеми наявних видів міського транспорту наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 SWOT-аналіз електротранспорту

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
<p>Екологічна чистота (відсутність вихлопних газів) Менший рівень шумового забруднення Зниження витрат на паливо Менше технічне обслуговування Позитивний вплив на здоров'я населення (зменшення хвороб, пов'язаних із забрудненням повітря) Використання сучасних інтелектуальних систем безпеки (ADAS, автоматичне гальмування) Висока енергоефективність: Електродвигуни мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що сприяє ефективному використанню енергії. Постійний розвиток технологій, включаючи автономне керування та вдосконалені системи безпеки.</p>	<p>Висока вартість придбання Обмежений запас ходу та потреба в зарядці Дефіцит зарядної інфраструктури Довший час заряджання порівняно з заправкою Відсутність масового виробництва в Україні Проблеми з утилізацією акумуляторів та їх екологічністю Висока залежність від джерел виробництва електроенергії (ТЕС, АЕС) Обмежений модельний ряд: Менший вибір моделей порівняно з традиційними автомобілями.</p>
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<p>Державні субсидії та податкові пільги Інновації у сфері акумуляторних технологій Розвиток зарядної інфраструктури Популяризація та підтримка екологічних ініціатив Розвиток технологій зберігання енергії Покращення акумуляторів може збільшити запас ходу та зменшити час зарядки.</p>	<p>Нестабільність енергосистеми Високі витрати на утилізацію батарей Висока залежність від імпорتنих компонентів Обмежена кількість фахівців з обслуговування Висока конкуренція з боку традиційного транспорту Зміни в державній політиці: Зменшення субсидій та податкових пільг може вплинути на привабливість електромобілів</p>

SWOT-аналіз традиційного автомобільного транспорту

Сильні сторони (Strengths):	Слабкі сторони (Weaknesses):
<p>Розвинена сервісна інфраструктура: Широка мережа СТО та фахівців з ремонту Велика мережа АЗС і розвинена інфраструктура Відносно низька вартість придбання Великий вибір транспортних засобів Тривалий запас ходу без необхідності заправки Доступність ремонту та запасних частин Висока вантажопідйомність дизельного транспорту</p>	<p>Залежність від коливань цін на нафту: Вартість пального впливає на експлуатаційні витрати. Високий рівень викидів CO₂ і шкідливих речовин Шумове забруднення Висока аварійність через технічний знос Залежність від імпортного палива Вплив на здоров'я населення через забруднення повітря Низька паливна ефективність порівняно з електротранспортом</p>
Можливості (Opportunities):	Загрози (Threats):
<p>Розробка синтетичних видів пального: можливість зниження шкідливих викидів без кардинальної зміни технологій. Покращення паливної ефективності Впровадження гібридних технологій Використання альтернативних видів пального Інвестування у модернізацію громадського транспорту Розвиток екологічних фільтрів для зменшення шкідливих викидів</p>	<p>Посилення екологічних стандартів: Введення більш суворих норм викидів може збільшити витрати на відповідність. Зростання цін на паливо Посилення екологічних норм Зношеність існуючого парку транспорту Вимоги міжнародних організацій щодо екології Обмеження на дизельний транспорт у великих містах</p>

На основі проведеного SWOT-аналізу можна зробити висновок, що як традиційний, так і екологічний транспорт мають свої переваги та недоліки. Основними проблемами залишаються високий рівень забруднення та енергетична неефективність традиційного транспорту, тоді як екологічний транспорт потребує значних інвестицій та розвитку інфраструктури. Однак, зважаючи на зростаючі екологічні вимоги та технологічний прогрес, екологічні транспортні засоби мають великий потенціал для зниження негативного впливу

на навколишнє середовище.

Далі доцільно розглянути практичні заходи та інновації, які можуть сприяти переходу до більш сталого транспорту в рамках міських перевезень.

1.4 Досвід зарубіжних країн у впровадженні екологічних технологій у пасажирські перевезення

Проблема екологічного характеру в транспортній галузі є надзвичайно актуальною для країн усього світу. Всі держави стикаються з цією проблемою, активно вивчають її та приймають численні заходи щодо її вирішення. Це питання турбує як уряди, так і підприємства, адже необхідно забезпечити сталий розвиток транспорту, зменшуючи його вплив на навколишнє середовище. Так, наприклад, вплив двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) на якість повітря в містах США, Японії, Китаю та Європи є предметом численних досліджень. Забруднення повітря, спричинене викидами від автотранспорту, має значний вплив на здоров'я населення та екологічний стан регіонів[7].

У США, зокрема в Лос-Анджелесі, автотранспорт є основним джерелом забруднення повітря. Згідно з даними Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA), рівень озону в цьому місті часто перевищує національні стандарти, що пов'язано з високими викидами оксидів азоту (NO_x) та летких органічних сполук (ЛОС) [7]. В інших американських містах, таких як Сан-Франциско, ситуація може погіршуватися під впливом додаткових факторів, таких як лісові пожежі. Наприклад, у вересні 2020 року якість повітря в районі затоки Сан-Франциско досягла найгірших показників у світі через викиди твердих частинок $\text{PM}_{2.5}$, що спричинили густий смог та попіл у повітрі.

У Токіо впроваджено жорсткі екологічні стандарти для зменшення впливу автотранспорту на якість повітря. Високотехнологічні фільтри та якісне пальне сприяли зниженню рівня забруднення [7]. За останні два десятиліття японські норми щодо викидів вихлопних газів стали жорсткішими приблизно у 30 разів, що значно покращило стан атмосферного повітря у великих містах країни.

У Пекіні, навпаки, проблема забруднення повітря залишається гострою.

Автотранспорт є одним із головних джерел викидів, що сприяють високим концентраціям твердих частинок PM_{2.5} та PM₁₀. Це негативно впливає на здоров'я населення, спричиняючи респіраторні та серцево-судинні захворювання[7].

Європейські міста також стикаються із проблемою забруднення повітря через ДВЗ. Наприклад, у Лондоні автотранспорт є основним джерелом оксидів азоту та твердих частинок. Водночас у Німеччині впровадження сучасних фільтрів та підвищення якості пального допомогло значно зменшити рівень забруднення. Загалом у країнах Європейського Союзу економічні втрати, спричинені забрудненням повітря, оцінюються до 790 мільярдів євро на рік[7].

Порівняльний аналіз показує, що рівні викидів NO_x та ЛОС залишаються високими в містах із значним автотранспортним навантаженням, таких як Лос-Анджелес, тоді як у Токіо та Німеччині завдяки жорстким екологічним нормам ситуація значно покращилася. Викиди твердих частинок PM_{2.5} та PM₁₀ є особливо високими в Пекіні, тоді як європейські міста демонструють нижчі показники через ефективні заходи контролю. Забруднення повітря також спричиняє значні економічні втрати, що змушує уряди активніше розвивати екологічні транспортні стратегії.

Одним із найуспішніших кейсів впровадження екологічного громадського транспорту є проект електробусів у Шеньчжені (Китай). Це місто стало першим у світі мегаполісом[24], який повністю перейшов на електричні автобуси, що є важливим кроком у боротьбі із забрудненням повітря та зниженням викидів парникових газів.

Основними аспектами успіху проекту є повна електрифікація автобусного парку, розвиток зарядної інфраструктури, суттєве зниження рівня забруднення, економічна ефективність, державна підтримка та субсидії, розширення досвіду на інші міста.

Після успіху в Шеньчжені інші китайські міста, а також мегаполіси в Європі та США почали впроваджувати подібні стратегії переходу на електротранспорт.

Проект електробусів у Шеньчжені доводить, що екологічний транспорт може ефективно замінити традиційний без втрати якості послуг. Його успіх залежав від комплексного підходу, включно з інвестиціями в інфраструктуру, державними субсидіями та використанням чистої електроенергії. Така модель може бути використана іншими країнами для зниження екологічного впливу громадського транспорту.

Шеньчжень, як і весь Китай, активно працює над вирішенням проблеми утилізації відпрацьованих електробатарей. У зв'язку з масштабним впровадженням електробусів, питання їх утилізації стало стратегічним завданням для екологічної політики країни.

Як у Шеньчжені вирішується питання мінімізації екологічних збитків від відпрацьованих електробатарей? Нижче наведені шляхи вирішення даної проблеми:

1. Повторне використання у стаціонарних енергосистемах. Відпрацьовані батареї, які вже не підходять для електротранспорту, але ще мають певний залишковий заряд, використовуються у системах зберігання енергії. Наприклад, вони встановлюються на електростанціях, сонячних і вітрових фермах, де зберігають надлишкову енергію для подальшого використання.

2. Розвиток технологій вторинної переробки. Китайські компанії, такі як BYD і CATL, розробляють ефективні методи розбирання та переробки літій-іонних батарей. Вони вилучають цінні метали (літій, кобальт, нікель) для повторного використання у виробництві нових акумуляторів.

3. Державне регулювання та екологічні стандарти. Китай ухвалив суворі екологічні норми щодо утилізації батарей, зобов'язуючи виробників електротранспорту та батарей брати участь у створенні інфраструктури для їх збирання та переробки. Влада вимагає від компаній розробляти "зелені" батареї, які легше утилізувати та повторно використовувати.

4. Повернення батарей до виробників. У Китаї діє система зворотного збору батарей, за якою автовиробники несуть відповідальність за їхню утилізацію. Це означає, що батареї після завершення терміну експлуатації

повертаються до компаній-виробників для подальшої переробки.

5. Впровадження нових технологій. Останні розробки спрямовані на створення батарей з меншою кількістю важких металів і більшою придатністю до переробки. Ведуться експерименти з твердотільними батареями, які мають триваліший термін служби і легше піддаються вторинній обробці.

Шеньчжень підходить до питання утилізації батарей комплексно: частина використовується у стаціонарних енергосистемах, частина йде на вторинну переробку, а решта повертається до виробників для повторного використання матеріалів. Завдяки цьому місто не лише зменшує негативний вплив на довкілля, а й створює замкнений цикл виробництва електротранспорту. Це може бути корисним прикладом для інших країн, які розглядають перехід на екологічний транспорт.

Таким чином, очевидно, що питання впровадження або збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень вимагає детального аналізу наявних та проектних інфраструктур міст, в яких заплановано збільшити частку екологічного транспорту, вивчення успішних прикладів впровадження аналогічних програм в світі, розробки програми реконструкції наявних міських інфраструктур на підставі проведеного аналізу та вивчення успішних кейсів. Крім того, збільшення екологічного транспорту в міських автоперевезеннях тягне за собою збільшення споживання електроенергії та перенавантаження енергосистеми України. Отже, для розв'язання всіх питань, пов'язаних тим чи іншим чином зі збільшенням частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень, необхідно залучати фахівців в багатьох галузях, можливо, запрошувати з-за кордону.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ІРПІНЬ

2.1. Загальна характеристика транспортної системи м. Ірпінь

Місто Ірпінь було обрано для розробки моделі збільшення частки екологічного транспорту з кількох причин. По-перше, це місто активно розвивається і демонструє високі темпи урбанізації, що створює попит на ефективні транспортні рішення. По-друге, Ірпінь має компактну міську структуру, яка сприяє впровадженню велосипедної інфраструктури та електричних маршрутів. Крім того, значний потік маятникової міграції до Києва робить екологічний транспорт важливим компонентом сталої мобільності мешканців. Нарешті, місцева влада та громада зацікавлені у розвитку екологічних ініціатив, що сприяє успішній реалізації таких проєктів.

Ірпінь є містом-супутником Києва, що швидко розвивається. Основними видами громадського транспорту є маршрутні таксі та автобуси[21], які забезпечують сполучення як всередині міста, так і з Києвом.

В Ірпені діють кілька автотранспортних підприємств (АТП) наведених в таблиці 2.

Таблиця 2 Автотранспортні підприємств Ірпеня

Назва підприємства	Кількість одиниць автотранспорту	Марки рухомого складу
ТОВ «ІРПІНСЬКЕ АТП 13250»	192	БОГДАН А (різні модифікації); I-VAN (різні модифікації); РУТА (різні модифікації); МАЗ 256200; ПАЗ 4234; БАЗ 079-04; АТАМАН А-092Н6
ТОВ «ФАСТІВ-АВТОТРАНС»	70	БАЗ (різні модифікації); ГАЗ-32213 «ГАЗель»; ПАЗ-32054; Рута (різні модифікації); Mercedes-Benz Sprinter; Богдан (різні модифікації); Ataman

		(різні модифікації); Obradors Prisma; I-VAN (різні модифікації); Volkswagen (різні модифікації); TEMSA Samba; OtoyoI M29 City; Profile; IVECO TurboDaily 35-12; Göppel; ЧАЗ-А07410 «Чорнобривець»
ТОВ «ЄВРОПАСЛАЙН»	10	Mercedes-Benz Sprinter; Богдан (різні модифікації); Ataman (різні модифікації); БАЗ (різні модифікації); ПАЗ-3205-110; I-VAN (різні модифікації)

Враховуючи, що ІРПІНСЬКЕ АТП 13250 – найбільший оператор, йому належить приблизно 71% ринку громадських перевезень у місті.

Інші перевізники (ТОВ ФАСТІВ-АВТОТРАНС, ТОВ ЄВРОПАСЛАЙН) разом можуть обслуговувати 29% маршрутів, маючи в активному використанні 20-30 одиниць транспорту (Додаток Б).

Ці компанії обслуговують основні маршрути міста та забезпечують сполучення з Києвом.

Маршрутна мережа Ірпеня включає внутрішньоміські та міжміські маршрути. Основні напрямки пов'язані зі сполученням житлових районів із центром міста та забезпеченням швидкого доступу до столиці.

Останнім часом громадський транспорт Ірпеня стикається з низкою проблем:

- 1) Перевантаженість транспорту. Зростання населення призвело до збільшення пасажиропотоку, що перевищує можливості наявного транспорту.
- 2) Технічний стан транспорту. Відомі випадки аварій через зношеність транспорту. Наприклад, у 2018 році маршрутка №7 зазнала аварії через

відвалене колесо, що могло бути спричинено перевантаженням та зношеністю транспорту.

3) Екологічні аспекти. Використання застарілих транспортних засобів з низькими екологічними стандартами призводить до підвищення рівня забруднення повітря.

Громадський транспорт міста представлений маршрутними таксі (маршрутками), автобусами та приміськими електричками, що з'єднують Ірпінь із Києвом. Основні маршрути ведуть до станцій метро "Академмістечко", "Святошин" і "Героїв Дніпра".

В місті відсутній муніципальний електротранспорт (тролейбуси, електробуси). Основна причина відсутності троллейбусів в Ірпені – це історичні та інфраструктурні фактори:

1) Розмір міста та щільність забудови – Ірпінь є відносно невеликим містом, яке розвивалося як передмістя Києва. Тролейбусні лінії зазвичай будуються у великих містах із більшою площею та населенням.

2) Фокус на маршрутках і автобусах – У міському транспорті Ірпеня історично склалася система маршрутних таксі та автобусів, які забезпечують достатню мобільність без потреби у дорогій контактній мережі для троллейбусів.

3) Близькість до Києва – Більшість пасажиропотоків орієнтовані на Київ, тому транспортна система Ірпеня більше пристосована до приміських перевезень (електрички, маршрутки, автобуси), ніж до суто міського електротранспорту.

4) Відсутність контактної мережі – Будівництво троллейбусної інфраструктури потребує значних інвестицій. Місто зробило ставку на інші види транспорту, зокрема автобуси.

У 2021 році міська влада Ірпеня планувала презентувати концепцію розвитку міського громадського транспорту, яка, ймовірно, включала заходи з екологізації та модернізації транспортної системи [19]. Стало відомо, що Ірпінь та Київ планували з'єднати тролейбусною лінією. Профільні відомства розробляли проект будівництва тролейбусної лінії від Ірпеня до станції метро «Академмістечко». Тролейбусні лінії, у нинішніх умовах на мою думку — це не просто хороше рішення, вони можуть бути незамінними. Однак інфраструктурне рішення про конкретну лінію на Ірпінь, якщо воно фінансується із спільного бюджету, потребує ретельного аналізу. Потрібно довести, що влаштування інфраструктури потрібне саме тут, саме зараз та саме у визначеній конфігурації. Усі інфраструктурні рішення вважаються неефективними, допоки не доведено протилежне.

Політичні і соціальні причини тролейбусної лінії з Києва до Ірпеня цілком зрозумілі: місто отримало величезну шкоду в результаті спроби окупації, вуличних боїв та обстрілів. Цій частині київських передмість треба повертати інвестиційну привабливість, інакше там просто перестануть жити люди.

Транспортна доступність — це одна зі складових, разом з демократичними цінами на житло, що може повернути в Ірпінь частину жителів. Можливо, це будуть вже нові мешканці, які захочуть зекономити, бо колишні мешканці можуть відчувати травматичні спогади. Крім того, завжди є ризик, що країна-агресор захоче повторити той самий маршрут, тому певна недовіра до інвестування в Ірпінь залишиться із ним надовго.

Транспортний попит на тролейбусну лінію — це той максимальний пасажиропотік, що може отримати лінія після її реалізації. Доки йде війна, транспортні планувальники ламають голови, як тепер визначати та

прогнозувати попит, бо всі фактори, що на нього впливають, перебувають у русі.

На мою думку все ж таки тролейбуси на Ірпінь це звісно гарне рішення, проте ми хочеться бути впевненими, що рішення буде прийматися за законами та принципами сучасного транспортного планування.

2.2. Аналіз техніко-експлуатаційних показників діяльності автотранспортних підприємств

Детальний аналіз кількості та стану рухомого складу громадського транспорту в Ірпені є важливим етапом для розробки ефективної стратегії підвищення частки екологічного транспорту(Додаток В).

Оскільки в Ірпені діє близько 10 активно працюючих маршрутів, а середня кількість транспортних засобів на маршрут зазвичай становить 10 одиниць, загальна чисельність рухомого складу в місті складає 100 автобусів/маршруток [21].

Найбільший оператор, ТОВ «ІРПІНСЬКЕ АТП 13250», до 2022 року мав 192 автобуса, але частина з них була пошкоджена або знищена під час бойових дій. Враховуючи часткове відновлення перевезень, можна оцінити, що у їхньому активному парку залишається орієнтовно 70 одиниць транспорту, що складає 36% від кількості автобусів, що було до 2022 року.

Оскільки значна частина маршрутних таксі має вік 10+ років, то понад 60% транспорту в Ірпені є зношеним та потребує оновлення.

Деякі перевізники могли частково оновити свій рухомий склад після 2022 року, але більшість автобусів все ще працює на дизельному паливі з низьким екологічним стандартом (Євро-3, Євро-4).

В місті відсутній муніципальний електротранспорт (тролейбуси, електробуси). Основні перевізники використовують дизельні автобуси та маршрутні таксі, що є джерелом викидів CO₂ та шкідливих речовин.

На мою думку та враховуючи екологічні проблеми, Ірпінь має потенціал для впровадження електробусів або гібридного транспорту як альтернативи дизельним маршруткам.

Емпіричним шляхом встановлено, що транспортна система Ірпеня потребує значного оновлення. Більшість транспорту зношена, а екологічний компонент майже не представлений. Це відкриває перспективи для впровадження екологічного громадського транспорту, включаючи електробуси та гібридні автобуси.

Згідно зі «Стратегією мобільності та розвитку транспортної інфраструктури Ірпінської громади», розподіл видів транспорту в місті є наступним[20]: піша хода-15%; велосипедний транспорт- 5%; автомобільний транспорт-60%; громадський автотранспорт- 15%; інше-5%. Ці дані вказують на домінування автомобільного транспорту та відносно низьку частку громадського транспорту (Додаток В).

Я вважаю, що використання застарілих транспортних засобів призводить до підвищеного споживання пального, що збільшує витрати підприємств та негативно впливає на екологію.

Наведемо деякі розрахунки шкідливого впливу автотранспортного парку міста на екологію:

Загалом в Ірпені працює 100 одиниць транспорту, 60% із них – маршрутки (малий клас), 40% – автобуси (середній клас).

Середня витрата пального: маршрутки (типу "Богдан", "Еталон", Ford Transit)(Додаток 9): 19 л/100 км; автобуси середнього класу (Mercedes Sprinter, MAN, Iveco): 27,5 л/100 км.

Приймаємо середній пробіг транспорту - 250 км/день для кожної одиниці транспорту. За рік це - 91 000 км. Викиди CO₂ з 1 літру дизельного пального = 2,68 кг CO₂.

Для маршруток (60 одиниць): витрати пального на добу - 20 л/100 км × 250 км = 50 л/день, 50 л × 60 одиниць = 3000 л/день, 1 095 000 л/рік (3000 × 365).

Для автобусів (40 одиниць): 30 л/100 км × 250 км = 75 л/день, 75 л × 40 одиниць = 3000 л/день, 1 095 000 л/рік (3000 × 365). Загальна витрата пального: 2,19 млн літрів дизелю на рік. Кількість викидів вуглекислого газу - 2,19 млн л × 2,68 кг CO₂ = 5,87 млн кг CO₂ на рік або 5 870 тонн CO₂ щороку.

За експертними оцінками заміна хоча б 30% парку на електробуси дозволить знизити витрати на пальне на 650 000 л/рік та скоротити викиди CO₂ на 1 755 тон, а використання гібридних автобусів також допоможе скоротити витрати пального на 15-20%.

Отже, на мою думку витрати дизельного пального на здійснення пасажирських перевезень в місті Ірпінь дуже високі, що створює значне навантаження на міський бюджет і екологію.

З метою детального аналізу впливу викидів автотранспорту на довкілля та здоров'я населення доцільно розглянути один із найбільш небезпечних забрудників – чадний газ (CO). У таблиці 3 наведено його основні характеристики, джерела походження, симптоми впливу на організм людини та можливі методи зниження концентрації цього газу в атмосфері. Це тільки приклад єдиного з багатьох продуктів згоряння викопного пального. Є ще CO₂ (вуглекислий газ) – основний парниковий газ (2,68 кг із 1 л пального); NO_x(оксиди азоту); РМ (тверді частки) (канцерогенні, впливають на дихальну систему); НС (вуглеводні) – деякі є мутагенними та викликають рак.

Таблиця 3 Вплив чадного газу (CO) на здоров'я людини та методи зниження його концентрації в атмосферному повітрі

Забрудник	Характеристика	Вплив на здоров'я людини	Симптоми	Джерела викидів	Методи зниження рівня CO в атмосфері
CO (чадний газ)	Безбарвний, без запаху та смаку, який утворюється під час неповного згоряння пального	Вкрай токсичний, оскільки він швидко зв'язується з гемоглобіном у крові, утворюючи карбоксигемоглобін. Це призводить до зниження здатності крові переносити кисень, що викликає кисневе голодування (гіпоксію).	Головний біль, запаморочення, нудота, слабкість, сонливість, сплутаність свідомості, порушення координації. При високих концентраціях – втрата свідомості, кома, смерть. Особливо небезпечний для дітей, вагітних, людей із хронічними серцево-судинними захворюваннями та літніх осіб.	Автомобільний транспорт (зростає при використанні застарілих транспортних засобів) Промисловість (виробничі процеси, що передбачають спалювання органічного палива: металургія, енергетика. Побутові джерела (несправні газові котли, печі, каміни).	Перехід на електротранспорт та використання гібридних автомобілів. Використання каталітичних нейтралізаторів у транспортних засобах. Підвищення екологічних стандартів. Покращення системи міського громадського транспорту, що зменшує кількість приватних.

Наслідки, наприклад, тривалого впливу NO₂: ризик розвитку астми та хронічних захворювань легень; підвищення ймовірності серцево-судинних захворювань; погіршення імунітету, що підвищує ризик респіраторних інфекцій. Особливо небезпечний NO₂ для дітей, вагітних жінок, літніх людей і тих, хто живе у районах із високою транспортною завантаженістю.

Методи зниження рівня в атмосфері є: перехід на електротранспорт та

використання газових двигунів; встановлення каталітичних нейтралізаторів у транспортних засобах; обмеження використання дизельних авто у великих містах; стимулювання розвитку громадського транспорту для зменшення кількості приватних авто на дорогах; впровадження екологічних стандартів Євро-5, Євро-6 для автомобілів та промислових підприємств (Додаток Ж).

PM (канцерогенні тверді частки): $2,044 \text{ млн л} \times 0,4 \text{ г} = 0,8176 \text{ тонн PM/рік}$. Канцерогенні тверді частки (PM) – 870 кг/рік, особливо шкідливі для дітей та людей із хворобами дихальних шляхів.

Тверді частки (Particulate Matter, PM) – це дрібнодисперсні частинки сажі, пилу, металів та інших забруднювачів, які викидаються в атмосферу при згорянні пального. Найнебезпечніші з них – PM_{2.5} (частки розміром до 2,5 мікрметра) та PM₁₀ (частки до 10 мікрметрів), оскільки вони легко проникають у легені та кровоносну систему. Вплив канцерогенних твердих часток на здоров'я людини наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 Вплив канцерогенних твердих часток на здоров'я людини

Наслідки короточасного впливу PM:	Наслідки тривалого впливу PM:
<p>Подразнення дихальних шляхів, кашель, задишка.</p> <p>Почервоніння та подразнення очей.</p> <p>Підвищений ризик серцевих нападів у людей із хронічними захворюваннями.</p>	<p>Ризик розвитку раку легенів (PM_{2.5} визнані Міжнародним агентством із вивчення раку (IARC) як канцероген).</p> <p>Хронічні обструктивні захворювання легень (ХОЗЛ), астма, бронхіти.</p> <p>Порушення роботи серцево-судинної системи, підвищений ризик інфарктів та інсультів.</p> <p>Зниження розумового розвитку у дітей через порушення кисневого обміну в мозку.</p>

Найбільш вразливі категорії населення: діти, вагітні жінки, люди похилого віку, мешканці великих міст та промислових зон.

Канцерогенні частки РМ впливають не лише на здоров'я людей, а й на довкілля: забруднення повітря – підвищення рівня смогу в містах; осідання на рослинах і водоймах – погіршення якості ґрунту та води; зміни клімату – сажові частки сприяють глобальному потеплінню, осідаючи на льодовиках і зменшуючи їхню відбивну здатність.

Методи зниження рівня РМ у повітрі є: використання електробусів і транспорту на газовому паливі; встановлення сажових фільтрів (DPF) у дизельних двигунах; посилення контролю за промисловими викидами; озеленення міст для природної фільтрації повітря; впровадження екологічних стандартів Євро-6 та заборона старих дизельних авто.

НС (вуглеводні, деякі з яких є канцерогенами): $2,044 \text{ млн л} \times 1,2 \text{ г} = 2,4528 \text{ тонн НС/рік}$. Викиди вуглеводнів (НС) – 2,4528 тонн/рік, частина з яких є мутагенними. Вуглеводні (НС, Hydrocarbons) – це органічні сполуки, які містять лише атоми вуглецю та водню. Вони утворюються внаслідок неповного згоряння пального у двигунах внутрішнього згоряння та є основним компонентом автомобільних вихлопів. Вплив викидів вуглеводнів на здоров'я людини наведено в таблиці 5.

Таблиця 5 Вплив викидів вуглеводнів на здоров'я людини

Наслідки короточасного впливу НС:	Наслідки тривалого впливу НС:
<p>Подразнення очей, носа, горла. Головний біль, запаморочення, слабкість. Ураження центральної нервової системи, сонливість.</p>	<p>Деякі вуглеводні (наприклад, бензопірен) є канцерогенами, що підвищують ризик розвитку раку легенів, лейкемії та інших онкологічних захворювань. Викиди вуглеводнів можуть викликати мутації в клітинах, що призводить до генетичних порушень. Хронічні захворювання легень, бронхіти, астма. Ураження печінки та нирок через</p>

	<p>накопичення токсичних сполук у крові.</p> <p>Найбільш вразливими до впливу вуглеводнів є діти, люди з хронічними хворобами та мешканці великих міст із високою концентрацією автотранспорту.</p>
--	---

Вуглеводні не тільки отруюють повітря, а й беруть участь у хімічних реакціях, що призводять до серйозних екологічних наслідків.

Фотохімічний смог – НС реагують із оксидами азоту (NO_x) під дією сонячного світла, утворюючи токсичний смог, який ускладнює дихання.

Озонове забруднення – у приземному шарі атмосфери вуглеводні сприяють утворенню шкідливого озону, що є потужним подразником для легенів.

Забруднення води та ґрунту – вуглеводні осідають на поверхнях та потрапляють у водойми, де отруюють рибу та інші водні організми.

На мою думку методами для зниження рівня НС у повітрі є: використання електротранспорту для скорочення вихлопних газів; встановлення каталізаторів у бензинових та дизельних авто; використання бензину з низьким вмістом ароматичних вуглеводнів; посилення екологічних стандартів та обмеження руху автомобілів у центрах міст; озеленення територій для природного очищення повітря.

Я вважаю, що доцільно використовувати наступні способи зменшення обсягів викидів вихлопних газів в атмосферне повітря: замінити 30% транспорту на електробуси може знизити викиди на 30%; використання біодизелю або гібридних автобусів може скоротити NO_x і РМ на 15-20%;

впровадити екологічний контроль та оновити транспорт до стандартів Євро-5/Євро-6, може зменшити канцерогенні викиди до 2-3 разів.

2.3. Стан екологізації міста у контексті плану модернізації автотранспортної інфраструктури Ірпеня

Розвиток екологічно чистого транспорту та впровадження відповідних стратегій є важливими кроками для покращення якості життя мешканців Ірпеня. Розгляньмо основні ініціативи та заходи, які реалізуються або плануються в місті:

У липні 2023 року Ірпінська міська рада схвалила «Стратегію мобільності та розвитку транспортної інфраструктури Ірпінської міської територіальної громади» №266-31-ІІV [19]. Цей документ визначає напрямки розвитку міського транспорту з акцентом на екологічність та сталий розвиток. Зокрема, стратегія передбачає зменшення використання приватних автомобілів та збільшення частки громадського та велосипедного транспорту. Наприклад, планується збільшити частку велосипедного транспорту з 5% до 15%, що сприятиме зниженню викидів парникових газів та покращенню якості повітря в місті.

Ця стратегія спрямована на відновлення та покращення транспортної інфраструктури міста після воєнних дій, зокрема:

- Розширення та модернізація дорожньої мережі для підвищення пропускної здатності та безпеки руху.
- Розвиток громадського транспорту, включаючи оновлення парку автобусів та оптимізацію маршрутів.
- Створення велосипедної інфраструктури для сприяння екологічно чистим видам транспорту.
- Покращення пішохідних зон та забезпечення безбар'єрного доступу для маломобільних груп населення.

Крім того, у Стратегії мобільності Ірпеня [19], прямо передбачено поступовий перехід на більш екологічні види транспорту. Зокрема, в документі

згадується:

- оновлення автобусного парку з акцентом на екологічно чисті транспортні засоби — електробуси або гібриди;
- зменшення викидів шкідливих речовин за рахунок модернізації транспорту;
- підтримка альтернативних видів мобільності, таких як велосипедний та пішохідний транспорт, що теж сприяє зниженню загального рівня забруднення.

В таблиці 6 представлений план заходів та стадії виконання Стратегії мобільності Ірпінської громади. Представлені напрями охоплюють як технічну модернізацію, так і екологічні ініціативи, спрямовані на створення сталого транспортного середовища. Зіставлення уже реалізованих рішень зі запланованими дозволяє оцінити динаміку впровадження стратегічних змін у сфері транспорту. Особлива увага приділяється розвитку громадського та велосипедного транспорту, а також підвищенню безпеки і зменшенню шкідливого впливу на довкілля. Таким чином, таблиця є індикатором поточного прогресу та вектором подальших дій у напрямі екологізації транспортної системи Ірпеня.

Таблиця 6 Основні напрями транспортної екологізації в Ірпені та статус їх реалізації згідно зі «Стратегією мобільності та розвитку транспортної інфраструктури Ірпінської громади»

Напрямок модернізації	Реалізовано станом на квітень 2025 року	Заплановано / у процесі реалізації
Розвиток дорожньої інфраструктури	Часткова реконструкція основних вулиць	Розширення вулично-дорожньої мережі, будівництво нових розв'язок
Покращення громадського транспорту	Оптимізація маршрутів, оновлення частини транспорту	Впровадження електронної системи оплати, закупівля нових автобусів
Розвиток велосипедної	Створено окремі	Розширення мережі

інфраструктури	велодоріжки в центрі міста	велодоріжок, облаштування велопарковок
Підвищення безпеки дорожнього руху	Встановлено нові світлофори та дорожні знаки	Облаштування безпечних пішохідних переходів, зон для пасажирів громадського транспорту
Екологічна стійкість	Сприяння використанню електротранспорту	Зелене озеленення транспортних коридорів, зменшення викидів шкідливих речовин

Одним із ключових напрямків стратегії є розвиток велосипедної інфраструктури. На квітень 2025 року створено окремі велодоріжки в центрі міста, а от розширення мережі велодоріжок, облаштування велопарковок знаходиться на стадії реалізації.

У таблиці 7 запропановано аналіз поетапної хронологію реалізації основних проєктів модернізації транспортної інфраструктури Ірпеня згідно зі Стратегією мобільності. Кожен проєкт супроводжується коротким коментарем щодо поточного статусу його виконання, що дозволяє об'єктивно оцінити ступінь реалізації запланованих заходів. Як видно з таблиці, частина ініціатив уже завершена, зокрема реконструкція доріг, облаштування зупинок і встановлення світлофорів, тоді як деякі масштабні проєкти перебувають у процесі розробки. Це свідчить про поступову, але системну реалізацію стратегічного плану в транспортній сфері міста.

Такий підхід забезпечує прозорість управлінських рішень та дозволяє громаді слідкувати за змінами в реальному часі.

Таблиця 7 Хронологія реалізації ключових транспортних проєктів у рамках Стратегії мобільності міста Ірпінь

№	Етап / Проєкт	Стату с реаліз	Коментар
---	---------------	----------------	----------

		ації	
1	Розробка та затвердження Стратегії мобільності та розвитку транспортної інфраструктури Ірпінської громади	Виконано	Стратегію схвалено рішенням міської ради 27.07.2023 №2666-31-VIII. Вона визначає напрямки розвитку дорожньої мережі, громадського транспорту, велосипедної інфраструктури та інших видів транспорту.
2	Презентація концепції міського громадського транспорту та запуск комунальних автобусів	Не виконано	Хоча влітку та восени 2023 року анонсувалася презентація концепції громадського транспорту, до кінця 2024 року вона не була представлена. Лише у серпні 2024 року проведено тендер на розробку концепції.
3	Встановлення нових світлофорних об'єктів на ключових перехрестях	Виконано	Встановлено світлофори на перехрестях вулиць Садової та Університетської, Грибоєдова та Соборної, Пушкінської та Університетської, Соборної та Садової.
4	Розвиток велосипедної інфраструктури: створення веломаршрутів, велопарковок, велохабів	Частково виконано	Заплановано створення нових веломаршрутів та інфраструктури. Деякі ініціативи реалізовано, проте повна мережа ще в процесі розробки та впровадження.
5	Розширення дорожньої мережі та оновлення покриття на ключових вулицях	Виконано	Оновлено вулиці Заріфи Алієвої, Підгірну, 10-ту Лінію, Троїцьку, Кірічека, Личака, Українську та інші.
6	Встановлення нових зупинок громадського транспорту з облаштуванням "кишень" для автобусів	Виконано	Встановлено 20 зупинок громадського транспорту з облаштуванням "кишень" для автобусів та тротуарів біля кожної зупинки.
7	Розробка плану будівництва нового мосту та меморіалу на трасі Р-30 (мікрорайон Романівка)	У процесі	Замовлено детальний план території для будівництва мосту та меморіалу. Документацію має надати підрядник до кінця року.
8	Розробка плану будівництва монорельсової дороги до ККАД і найближчої станції метро	У процесі	Розробляється план будівництва монорельсової дороги, яка доставить пасажирів до ККАД і найближчої станції метро.

Аналіз таблиці 7 свідчить про системну та послідовну реалізацію Стратегії мобільності Ірпеня. Станом на 2025 рік завершено кілька важливих інфраструктурних проєктів, зокрема оновлення дорожнього покриття, встановлення нових зупинок та світлофорів. Разом з тим, низка стратегічно важливих ініціатив, таких як запуск муніципального транспорту та будівництво монорельсу, ще перебувають у процесі розробки. Це означає, що міська влада дотримується обраного курсу, однак деякі напрямки потребують прискорення. Загалом реалізація проєктів демонструє прагнення до підвищення мобільності, безпеки та екологічності міського транспорту.

Таблиця 8 «Поетапна реалізація плану модернізації транспортної інфраструктури міста Ірпінь» демонструє стратегічний підхід до оновлення транспортної системи міста у відповідності до принципів сталої мобільності. Вона охоплює чотири основні етапи, які передбачають перехід до екологічного громадського транспорту, впровадження інтелектуальних рішень та повну інтеграцію з іншими видами мобільності. У документі чітко визначені джерела фінансування, та ключові заходи, що дає змогу оцінити реальний прогрес у впровадженні Стратегії.

Таблиця 8 Поетапна реалізація плану модернізації транспортної інфраструктури міста Ірпінь

Основні заходи	Джерело фінансування
<p>Підготовчий (2024-2025 рр.) Проведення детального аналізу стану транспортної інфраструктури, оцінка рівня завантаженості маршрутів, рівня викидів CO₂, шумового забруднення та ефективності наявного парку громадського транспорту. Визначення основних екологічних проблем, пов'язаних із використанням дизельного транспорту, та їх впливу на довкілля та здоров'я мешканців. Розробка стратегії модернізації міського транспорту відповідно до екологічних стандартів Євро-6, принципів сталої мобільності та з урахуванням міжнародного досвіду (ЄС, Канада, Сингапур). Проведення громадських обговорень для збору зворотного зв'язку від мешканців щодо змін у транспортній системі.</p>	<p>-Державний фонд регіонального розвитку -Місцевий бюджет -Міжнародні гранти на розвиток сталої мобільності (ЄС, Світовий банк, GIZ, ЄБРР, Green</p>

<p>Розробка нормативних документів щодо стимулювання екологічного транспорту на місцевому рівні (податкові пільги, компенсації для бізнесу, що впроваджує екологічні ініціативи). Узгодження змін із міською владою, підготовка регуляторних актів та технічної документації.</p> <p>Формування плану інтеграції екологічного громадського транспорту із вело- та пішохідною інфраструктурою.</p> <p>Оцінка потреб у фінансуванні та залучення потенційних інвесторів, міжнародних фінансових інституцій та екологічних фондів.</p>	<p>Cities Framework)</p> <p>-Програми підтримки міст, що постраждали від військових дій</p> <p>-Приватні інвестори</p>
<p>Впровадження екологічного громадського транспорту (2025-2027 рр.)</p> <p>Закупівля першої партії електробусів та газомоторних автобусів (CNG/LNG) для основних міських маршрутів.</p> <p>Проведення тендерів на постачання екологічного транспорту з вимогами до якості, безпеки та рівня викидів.</p> <p>Будівництво та встановлення зарядних станцій для електротранспорту у стратегічних локаціях (транспортні хаби, кінцеві зупинки, депо, великі житлові комплекси).</p> <p>Організація спеціалізованих навчальних програм для водіїв та технічного персоналу з експлуатації та обслуговування екологічного транспорту.</p> <p>Оптимізація маршрутної мережі громадського транспорту для усунення дублюючих маршрутів, покращення покриття міста та зменшення часу очікування.</p> <p>Пілотний запуск екологічного громадського транспорту на 3-5 основних маршрутах з поступовим розширенням мережі.</p> <p>Встановлення перших розумних зупинок з електронними табло, системами прогнозування прибуття транспорту та зарядними пристроями для мобільних телефонів.</p> <p>Підготовка звітів про ефективність впровадження екологічного транспорту, аналіз першого етапу.</p>	<p>-Державна програма «Чисте місто»</p> <p>- Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР)</p> <p>-Гранти Європейської комісії на інновації в міському транспорті</p> <p>-Лізингові програми від виробників транспорту</p> <p>-Міжнародні екологічні фонди (C40 Cities Finance Facility, Global Environment Facility)</p>

<p>Інтелектуалізація транспорту (2027-2028 рр.)</p> <p>Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS), що включають адаптивні світлофори, моніторинг руху та автоматизоване керування трафіком.</p> <p>Оснащення міського транспорту системами ADAS (автоматичне гальмування, контроль сліпих зон, система попередження зіткнень).</p> <p>Запуск мобільного додатку для пасажирів з функцією відстеження транспорту в реальному часі, інтегрованого з електронним квитком.</p> <p>Перехід на безготівкову оплату проїзду та впровадження єдиної транспортної картки для міста.</p> <p>Встановлення нових екологічних зупинок із сонячними панелями, зарядними станціями та автоматизованими системами управління енергоспоживанням.</p> <p>Проведення кампаній з популяризації використання громадського транспорту та альтернативних способів пересування (велосипеди, електросамокати).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Програми Smart City - Партнерські інвестиції IT-компаній - Грантові програми ООН та Світового банку - Міжнародні екологічні фонди та ініціативи (ICLEI, Green Climate Fund)
<p>Масштабування екологічного транспорту (2028-2030 рр.)</p> <p>Повний перехід міста на екологічний транспорт</p> <ul style="list-style-type: none"> - Виведення з експлуатації всього дизельного громадського транспорту. - Розширення парку електробусів та газомоторних автобусів. <p>Створення муніципального автопарку екологічного транспорту</p> <ul style="list-style-type: none"> - Розширення мережі зарядних станцій та газових заправок. - Забезпечення 100% покриття міста екологічним транспортом. <p>Інтеграція з іншими видами транспорту</p> <ul style="list-style-type: none"> - Поєднання громадського транспорту з велосипедною інфраструктурою та пішохідними зонами. - Створення перехоплюючих паркінгів для зменшення кількості приватного транспорту в центрі. <p>Довгостроковий екологічний моніторинг</p> <ul style="list-style-type: none"> - Аналіз ефективності впроваджених заходів. - Коригування транспортної політики з урахуванням отриманих результатів. 	<ul style="list-style-type: none"> - Концесійні проекти та державно-приватне партнерство (ДПП) - Інвестиції міжнародних фінансових інституцій (Світовий банк, ЄБРР) - Фонди відбудови України та підтримки сталого розвитку міст

Аналіз таблиці свідчить про те, що Ірпінь має чітко сформований план модернізації транспортної інфраструктури, орієнтований на екологічність, зручність і технологічність. Підготовчий етап уже повністю реалізований, що створює міцне підґрунтя для подальших дій.

Впровадження екологічно чистого транспорту потребує адаптації місцевих нормативних актів. Хоча конкретні зміни в нормативно-правовій базі Ірпеня наразі не деталізовані, схвалена стратегія мобільності закладає підґрунтя для таких ініціатив. Очікується, що місцева влада розробить та впровадить відповідні регуляторні акти, які стимулюватимуть використання екологічного транспорту, зокрема через створення спеціальних зон з обмеженим рухом для транспорту з високим рівнем викидів та розвиток інфраструктури для велосипедистів.

На національному рівні в Україні існують податкові пільги та стимули для підприємств, які впроваджують екологічно чисті технології[25]. Наприклад, підприємства можуть отримувати податкові пільги при переході на використання відновлюваних джерел енергії або впровадженні енергоефективних технологій. В Ірпені місцеві податкові пільги для екологічного транспорту поки що не впроваджені, але на мою думку необхідно передбачити заходи, спрямовані на стимулювання використання екологічно чистого транспорту, що може включати фінансові стимули в майбутньому.

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА РУХУ. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

3.1. Вплив екологічного транспорту на зменшення аварійності

В сучасних умовах охорона навколишнього середовища є однією з найбільш актуальних проблем сучасності. Проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту є важливою складовою екологічної проблеми країни і гострота цієї проблеми зростає з кожним роком[9].

Одним з найбільших джерел викидів шкідливих речовин є автотранспортні засоби з двигунами внутрішнього згорання. Незважаючи на постійне вдосконалення, сучасні автомобільні двигуни суттєво забруднюють навколишнє середовище шкідливими речовинами.

Існують основні екологічні проблеми, пов'язані з використанням в двигунах нафтових палив: проблема потепління клімату планети внаслідок «парникового ефекту»; теплове забруднення навколишнього середовища; проблема кислотних дощів, що містять сірчану та азотну кислоти; фотохімічний смог, пов'язаний з реакціями, що протікають під впливом ультрафіолетового випромінювання; забруднення морів і річок нафтою та нафтопродуктами внаслідок витоків при видобуванні та транспортуванні; шум, вібрація тощо [29, с.328].

У вітчизняному законодавстві у визначенні «екологічно чистий транспорт» зазначено, що це «транспорт, який обмежує рівень викидів та відходів, беручи до уваги здатність планети їх поглинати, використовує відновлювані ресурси на рівні або нижче швидкості їх вироблення, обмежує інші впливи на ландшафти та екосистеми, включаючи фрагментацію середовища існування, і використовує невідновлювані ресурси на рівні або нижче швидкості розроблення відновлюваних замінників» [29].

На мою думку, впровадження сучасного екологічного транспорту, зокрема електробусів і газомоторних автобусів, позитивно впливає на безпеку дорожнього руху.

Основні фактори:

-Менша динаміка розгону – електробуси мають плавніший старт, що знижує ризик різких маневрів, особливо у міських умовах з інтенсивним рухом.

-Наявність сучасних систем безпеки – електробуси та гібридні автобуси оснащені антиблокувальними системами (ABS), системами стабілізації (ESP), системами допомоги при екстремому гальмуванні (EBA), а також системами попередження про зіткнення.

-Зниження рівня шуму – електробуси працюють значно тихіше, що сприяє кращому сприйняттю дорожньої ситуації водіями, велосипедистами та пішоходами.

-Зменшення рівня викидів вихлопних газів – сприяє покращенню видимості на дорогах, особливо в густонаселених районах із частими заторами.

Я вважаю, що у містах, де впроваджують електробуси, зменшується рівень шуму, що сприяє кращій концентрації водіїв та пішоходів. Є наочні приклади поліпшення міського середовища після збільшення частки екологічного транспорту в міських автоперевезеннях.

Наприклад, у Стокгольмі дослідження показали, що спокійніше середовище зменшує кількість аварій через перевтому водіїв[43]. У Копенгагені активний розвиток велодоріжок привів до зменшення ДТП, оскільки більше людей пересуваються на велосипедах замість автомобілів [43], а отже, менше транспорту на дорогах і менший ризик зіткнень. У Лондоні введення зон з обмеженням руху для забруднюючого транспорту знизило інтенсивність трафіку та кількість аварій [43], оскільки зменшилася кількість автомобілів у центрі міста.

Впровадження електричних таксі та автономного транспорту в Сінгапурі допомогло знизити кількість аварій, адже такі автомобілі обладнані системами безпеки (автоматичне гальмування, аналіз дорожньої ситуації тощо).

Дослідження у Німеччині показали, що міста з розвиненим громадським екологічним транспортом (трамваї, електробуси) мають нижчий рівень аварійності [29], адже люди менше використовують приватні автомобілі, що зменшує затори і ризик ДТП.

Сучасний екологічний транспорт обладнаний інтелектуальними системами безпеки:

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) – допоміжні системи для уникнення зіткнень, які включають попередження про виїзд зі смуги руху та адаптивний круїз-контроль.

Автоматичне гальмування при виявленні перешкод – здатність системи екстреного гальмування зменшувати ризик ДТП при русі в міських умовах.

Камери кругового огляду та система «сліпих зон» – дає можливість водію краще контролювати навколишню ситуацію, що особливо важливо під час маневрування в тісних міських умовах.

Інтелектуальні системи безпеки активно впроваджуються в електробусах для підвищення безпеки пасажирів та пішоходів[23]. Ось декілька прикладів таких впроваджень:

Система моніторингу "мертвих зон" в Іспанії

В Іспанії тестується електронна система, розроблена Політехнічним університетом Валенсії та компанією Cognitive Robots, яка мінімізує ризик наїзду громадського транспорту на людей в зоні зупинок. Система використовує відеокамери, розміщені по периметру автобуса, забезпечуючи круговий огляд, включаючи "мертві" зони. Зображення передається на монітор перед водієм, а спеціальні алгоритми аналізують можливі ризики. У разі небезпеки система подає звукові та візуальні сигнали, а також може втручатися в керування транспортним засобом для запобігання аварії.

Комплексна ІТ-система для громадського транспорту від "ЄВРОМОБАЙЛ"

Компанія "ЄВРОМОБАЙЛ" пропонує комплексну ІТ-систему для громадського транспорту, яка включає модулі ГЛОНАСС/GPS моніторингу для контролю маршруту, електронні маршрутовказівники та медіацентри для інформування пасажирів, системи онлайн-відеоспостереження для забезпечення безпеки в салоні, а також системи контролю палива і тиску в шинах для зниження кількості збоїв у роботі автобусів.

На мою думку потрібно впровадити більш містких автобусів. це дозволить скоротити кількість транспортних засобів на маршрутах, зменшуючи перевантаженість доріг.

Також, використання електронних диспетчерських систем дозволить оптимізувати завантаженість маршрутів, запобігаючи перевантаженню окремих ділянок. Впровадження розумних світлофорних систем, які враховують завантаженість транспорту та можуть змінювати режим роботи відповідно до реального трафіку.

Впровадження оптимізації маршрутної мережі та зниження перевантаженості доріг є ключовими аспектами покращення транспортної інфраструктури у великих містах світу. Ефективна організація транспортного руху дозволяє не лише скоротити затори та зменшити шкідливі викиди в атмосферу, а й покращити мобільність населення, зробити міський простір комфортнішим для пішоходів і велосипедистів. Вдалі приклади таких змін можна знайти у багатьох країнах, де було реалізовано комплексні заходи з реформування громадського транспорту, розбудови дорожньої інфраструктури та впровадження новітніх технологій управління транспортними потоками.

Одним із найуспішніших прикладів є Лондон, де автоматизована система обліку оплати проїзду значно покращила управління міським транспортом.

Впровадження системи Oyster card дозволило скоротити час очікування на зупинках, оптимізувати маршрути та зменшити перевантаженість окремих ділянок дорожньої мережі. Крім того, місто запровадило систему платного в'їзду в центр, що сприяло зниженню використання приватного автотранспорту та збільшенню популярності громадського транспорту, велосипедного руху та піших прогулянок.

Подібний підхід було реалізовано в Торонто, де впровадження автоматизованої системи оплати проїзду та модернізація маршрутної мережі сприяли підвищенню ефективності громадського транспорту. Зокрема, місто активно розвиває систему Bus Rapid Transit (BRT) – швидкісних автобусних ліній, які мають виділені смуги руху, що дозволяє значно скоротити час у дорозі та уникати заторів. Також у Торонто активно розширюють велосипедну інфраструктуру та створюють пішохідні зони для зменшення навантаження на автодороги.

У Парижі була реалізована комплексна транспортна реформа, яка включала впровадження єдиної автоматизованої системи оплати проїзду, розвиток мережі громадського електротранспорту та обмеження руху приватних автомобілів у центральних районах. Внаслідок цього значно зменшилися затори, покращилася якість повітря та підвищилася загальна мобільність населення. Окремої уваги заслуговує паризька система Velib' – масштабна мережа муніципального велопрокату, яка дозволяє жителям і туристам швидко та зручно пересуватися містом, мінімізуючи залежність від автомобільного транспорту.

Ще одним показовим прикладом є Сінгапур, де була впроваджена передова система інтелектуального керування дорожнім рухом. Вона включає динамічне регулювання світлофорів, інтелектуальні камери моніторингу завантаженості доріг та систему електронного збору плати за проїзд (ERP), яка змінює вартість залежно від часу доби та рівня завантаженості доріг. Це

дозволило суттєво скоротити затори та забезпечити стабільну швидкість руху громадського транспорту.

Загалом, ці приклади на мою думку демонструють, що успішне впровадження сучасних технологій та розумного планування транспортної мережі суттєво покращує ефективність міського транспорту, знижує перевантаженість доріг та підвищує якість життя мешканців. Інтегрований підхід, що включає автоматизацію оплати проїзду, розвиток громадського електротранспорту, створення виділених смуг руху та впровадження інтелектуальних транспортних систем, дозволяє значно підвищити ефективність використання міської інфраструктури. Це також сприяє зменшенню шкідливих викидів, покращенню екологічної ситуації та підвищенню загальної мобільності населення.

3.2. Охорона праці водіїв та технічного персоналу

Я вважаю, що покращення умов праці водіїв громадського транспорту є важливим аспектом загального розвитку транспортної системи. Комфортні умови сприяють зниженню втоми, підвищенню безпеки руху та загальному покращенню якості надання послуг пасажиром[9]. У різних країнах світу впроваджуються новітні технології та управлінські підходи, спрямовані на підвищення комфорту та зниження фізичних і психологічних навантажень на водіїв. Ось декілька прикладів втілення політики орієнтації на людину:

1. Ергономічне робоче місце

Сучасні електробуси оснащуються комфортабельними регульованими сидіннями, системою клімат-контролю та цифровими панелями управління, що дозволяє зменшити навантаження на водія та покращити його загальне самопочуття під час роботи. Наприклад у Німеччині (Берлін, BVG) на нових електробусах встановлюють кабіни з ергономічними кріслами, покращеною шумоізоляцією та адаптивним клімат-контролем [26]. Це дозволяє зменшити

втому водіїв, особливо під час довготривалих змін. Франція (Париж, RATP) в своїх електробусах передбачила персоналізовані налаштування сидінь та панелі управління, що знижує фізичне навантаження. Також у кабінах встановлені анатомічні підлокітники та сенсорні панелі, що спрощують управління транспортним засобом. Швейцарія (Цюрих) у нових автобусах передбачила кабіни з підігрівом сидінь та окремими налаштуваннями вентиляції, що дозволяє водіям адаптувати умови до своїх потреб у будь-яку пору року.

2. Зниження впливу вібрації та шуму

Електробуси значно тихіші за дизельні аналоги, що позитивно впливає на самопочуття водіїв, зменшуючи рівень втоми та покращуючи концентрацію під час руху. Наприклад, Норвегія (Осло) при переході на електробуси рівень шумового забруднення в кабінах водіїв зменшився на 40% [26], що сприяє зниженню стресового навантаження. США (Сан-Франциско, Muni) у кабінах нових автобусів встановлені активні системи шумопоглинання, що зменшують вібрації та рівень звукового навантаження на водія.

3. Системи моніторингу стану водія

Я вважаю, що впровадження сучасних технологій дозволяє виявляти перші ознаки перевтоми або втрати концентрації, що сприяє підвищенню безпеки на дорогах. У Китаї (Шеньчжень) наприклад електробуси обладнані технологією автоматичного екстреного гальмування та моніторингу стану водія. Система аналізує положення голови, частоту моргання та рівень уваги, попереджаючи водія про необхідність перерви. Швеція (Гетеборг) запровадила систему контролю втоми, яка аналізує поведінку водія та подає сигнал у разі ризику засинання за кермом. Додатково автобуси обладнані сидіннями з вібраційним сповіщенням, яке активується при виявленні ознак втоми. Японія (Токіо, Tōei Bus) в своїх кабінах автобусів встановила камери з аналізом виразу обличчя та сенсори, які відстежують фізіологічні показники (пульс та температуру тіла), попереджаючи диспетчера у разі погіршення стану водія.

4. Гнучкі графіки та місця відпочинку

Гнучкий графік роботи та облаштування спеціальних зон для відпочинку на мою думку сприяють покращенню фізичного та психологічного стану водіїв.

Наприклад у Нідерландах (Амстердам) транспортні компанії запровадили систему індивідуального планування змін, що дозволяє водіям регулювати графік залежно від рівня навантаження та особистих обставин. Канада (Торонто, TTC) на кінцевих зупинках облаштувала кімнати відпочинку з масажними кріслами, зоною релаксації та автоматами з безкоштовними гарячими напоями. У Фінляндії (Гельсінкі) компанії забезпечують можливість подовжених перерв між змінами та надають водіям доступ до спортивних центрів для покращення фізичної форми.

5. Додаткові пільги та соціальні програми

Я вважаю, що збільшення соціальних гарантій, преміальні системи та програми з підтримки здоров'я дозволяють підвищити мотивацію водіїв та покращити загальну культуру безпеки на транспорті. У Фінляндії (Гельсінкі) для цього водії отримують бонуси за безаварійну їзду та мають доступ до програм психологічної підтримки. У рамках ініціативи "Здоровий водій" організуються групові заняття з йоги та тренінги з управління стресом. У Сінгапурі водії електробусів мають безкоштовний доступ до програм здоров'я, що включають щорічні медичні обстеження, консультації з дієтологами та психологами. Також передбачені корпоративні спортивні заходи, які сприяють командній взаємодії. Австралія (Сідней, Sydney Buses) своїм працівникам надає спеціальні страхові пакети, які покривають лікування професійних захворювань, пов'язаних із сидячою роботою.

6. Інноваційні технології та перспективи

Окрім уже реалізованих ініціатив, деякі міста експериментують з новими підходами для покращення умов праці водіїв. Данія (Копенгаген) тестує

автономні автобуси, які частково зменшують навантаження на водія, оскільки працюють у напівавтоматичному режимі та не потребують постійного фізичного контролю. Німеччина (Мюнхен) впроваджує штучний інтелект для аналізу оптимальних змін графіків водіїв, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження та уникати перевтоми. США (Нью-Йорк) – ведеться дослідження щодо впровадження капсул для сну на великих транспортних вузлах, що дозволить водіям повноцінно відпочивати між змінами.

Я вважаю, що світовий досвід ядро демонструє, що покращення умов праці водіїв сприяє не лише їхньому комфорту, а й підвищенню рівня безпеки на дорогах. Впровадження сучасних технологій, ергономічних рішень, соціальних програм та гнучких графіків дозволяє знизити рівень стресу, підвищити ефективність роботи та зробити громадський транспорт більш привабливим для водіїв і пасажирів. Було б непагано взяти досвід інших країн для реалізації в Україні.

Відсутність дизельного пального у електробусах усуває вплив токсичних викидів, таких як оксиди азоту (NO_x) і канцерогенні тверді частки (PM) [16]. Це особливо важливо у густонаселених містах, де транспортний сектор є основним джерелом забруднення повітря. Перехід на електротранспорт зменшує кількість викидів парникових газів та сприяє зниженню рівня шумового забруднення, що позитивно впливає на загальну екологічну ситуацію.

Газомоторний транспорт значно скорочує викиди NO_x і CO_2 , що суттєво покращує якість повітря у робочих зонах транспорту (автопарки, депо, гаражі). Використання природного газу (CNG) або зрідженого газу (LNG) як альтернативного палива дозволяє зменшити викиди вуглекислого газу на 20-25% у порівнянні з дизельними аналогами. Крім того, такі транспортні засоби виробляють менше шуму та вібрації, що покращує умови роботи водіїв і технічного персоналу.

Додатково слід зазначити, що розвиток технологій водневого транспорту відкриває ще більш екологічні перспективи. Водневі автобуси працюють на паливних елементах, які в процесі роботи виділяють лише водяну пару, що робить їх абсолютно безпечними для навколишнього середовища. Таким чином, комплексний перехід на екологічно чистий транспорт є ефективним способом зниження шкідливих викидів та покращення екологічної ситуації у містах.

На мою думку, зменшення шкідливих викидів у транспортному секторі є одним із ключових факторів покращення екологічної ситуації в містах. Використання альтернативних джерел енергії, таких як електрика, природний газ (CNG, LNG) та водень, дозволяє суттєво скоротити рівень забруднення повітря, що позитивно впливає на здоров'я населення та довкілля(Додаток Ж).

Перехід з дизельного транспорту на газомоторний або електричний транспорт дозволяє суттєво зменшити викиди вуглекислого газу (CO_2). Це особливо важливо для боротьби зі змінами клімату, оскільки CO_2 є основним парниковим газом, який сприяє глобальному потеплінню. За даними досліджень, автобуси на стисненому природному газі (CNG) можуть скоротити викиди CO_2 до 40% у порівнянні з дизельними аналогами, а повністю електричні автобуси взагалі не виробляють CO_2 під час експлуатації.

Оксиди азоту (NO_x) є однією з основних причин утворення смогів та кислотних дощів. Викиди NO_x від дизельного транспорту негативно впливають на дихальну систему людини, сприяючи розвитку астми та інших респіраторних захворювань. Використання газових автобусів (CNG, LNG) дозволяє скоротити викиди NO_x на 50-70% завдяки більш чистому процесу згоряння палива.

Тверді частки (PM2.5 та PM10) є одними з найнебезпечніших забруднювачів повітря, оскільки проникають у легені та можуть викликати серцево-судинні та онкологічні захворювання. Дизельний транспорт є

основним джерелом викидів РМ у міському середовищі. Перехід на електробуси дозволяє повністю усунути ці викиди, що суттєво покращує якість повітря в містах та знижує ризики для здоров'я населення.

Додаткові екологічні переваги: зниження шумового забруднення – електробуси працюють значно тихіше, ніж дизельні аналоги, що сприяє покращенню акустичного комфорту у містах.; покращення якості повітря в робочих зонах (депо, гаражі, автопарки) – відсутність токсичних вихлопів у приміщеннях, де обслуговується транспорт, позитивно впливає на здоров'я персоналу; відновлювані джерела енергії – електробуси можуть заряджатися від сонячних та вітрових електростанцій, що зменшує загальне енергетичне навантаження на викопні ресурси.

Таким чином, скорочення викидів забруднюючих речовин у міському транспорті є важливим кроком до зменшення екологічного навантаження, покращення здоров'я мешканців та досягнення цілей сталого розвитку.

Утилізація акумуляторів електробусів є важливим аспектом екологічної стійкості електротранспорту[11]. Зростання кількості електробусів підвищує актуальність питань переробки та повторного використання відпрацьованих батарей.

Розглянуто ключові підходи та актуальні ініціативи в цій сфері:

Використання літій-залізо-фосфатних (LiFePO_4) батарей. LiFePO_4 -батареї відзначаються тривалим терміном служби та підвищеною безпекою. Вони мають меншу токсичність при утилізації порівняно з іншими літій-іонними батареями[11], що знижує екологічний вплив. Впровадження таких батарей у електробусах сприяє зменшенню потреби в частій заміні та спрощує процес утилізації.

Програми переробки акумуляторів. Виробники електротранспорту та акумуляторів активно впроваджують програми переробки відпрацьованих

батареї. Наприклад, компанія Volkswagen у 2021 році відкрила пілотний завод для глибокої переробки літій-іонних батарей, де відновлюються цінні матеріали, такі як літій, нікель і кобальт. Ці ініціативи дозволяють зменшити залежність від видобутку нових ресурсів та мінімізувати екологічний слід.

На мою думку, утилізація акумуляторів електробусів є критично важливою для збереження довкілля та здоров'я населення. Однак, процес переробки цих відходів часто супроводжується порушеннями екологічного законодавства. Розгляньмо основні проблеми та приклади таких порушень:

Неправильне зберігання та накопичення відпрацьованих акумуляторів. Відповідно до статті 17 Закону України «Про відходи», суб'єкти господарювання зобов'язані забезпечувати належне зберігання відходів. Зберігання відпрацьованих акумуляторів понад рік без відповідної ліцензії може розцінюватися як порушення екологічного законодавства, що тягне за собою адміністративний штраф від 850 до 1700 грн.

Відсутність належної інфраструктури для переробки. В Україні відсутні заводи з переробки акумуляторів електробусів та правова база, яка б регулювала їх збір і транспортування. Це призводить до накопичення небезпечних відходів та збільшення ризику екологічних порушень.

Недостатній контроль за діяльністю підприємств. Контроль за діяльністю підприємств, які займаються збиранням та заготівлею відпрацьованих свинцевих акумуляторів, здійснюється уповноваженими органами. У разі виявлення порушень, пов'язаних з нанесенням екологічної шкоди, підприємства зобов'язані відшкодувати її в порядку та розмірах, встановлених законодавством України.

Я вважаю, що порушення екологічного законодавства при переробці акумуляторів електробусів становлять серйозну загрозу для довкілля та здоров'я людей. Необхідно посилити контроль за діяльністю підприємств,

розробити та впровадити ефективну правову базу для регулювання процесів збирання, зберігання та переробки відпрацьованих акумуляторів, а також створити відповідну інфраструктуру для екологічно безпечної утилізації цих відходів.

Вторинне використання акумуляторів у стаціонарних енергосистемах. Відпрацьовані акумулятори електробусів можуть бути використані у стаціонарних енергосистемах, таких як резервні джерела живлення або системи зберігання енергії для відновлюваних джерел. Це продовжує життєвий цикл батарей та сприяє ефективному використанню ресурсів. Наприклад, у Німеччині реалізуються проекти з інтеграції таких акумуляторів у мережі зберігання енергії, що допомагає стабілізувати енергосистему та зменшити навантаження на електромережі.

Незважаючи на позитивні зрушення, утилізація літій-іонних батарей залишається складним завданням. Дослідження Корнельського університету підкреслюють необхідність розробки ефективних методів переробки, враховуючи різноманітність хімічних складів батарей та складність їх конструкції. Крім того, прогнозується, що до 2030 року обсяг відпрацьованих літій-іонних акумуляторів може сягнути 11 мільйонів тонн, що вимагає негайних заходів для створення інфраструктури переробки та повторного використання.

Утилізація акумуляторів електробусів є критично важливою для забезпечення екологічної стійкості електротранспорту. Використання менш токсичних батарей, розвиток програм переробки та вторинне використання акумуляторів у стаціонарних енергосистемах сприяють зменшенню екологічного впливу та ефективному використанню ресурсів. Проте, необхідні подальші дослідження та інвестиції в цю сферу для вирішення існуючих викликів та створення стійкої інфраструктури утилізації.

Зменшення шумового забруднення є важливим аспектом підвищення якості життя в міських умовах. Електробуси, завдяки своїм конструктивним особливостям, сприяють значному зниженню рівня шуму в порівнянні з традиційними дизельними автобусами, що робить поїздку більш комфортною для пасажирів.

Також необхідно використовувати безшумні шини. Виробники шин розробляють технології для зниження шуму від тертя шин об дорогу. Наприклад, технологія ContiSilent™ від Continental передбачає оснащення шин шумопоглинаючим матеріалом у вигляді поліуретанової піни, яка кріпиться до внутрішньої поверхні шини в зоні протектора. Це допомагає знизити рівень шуму в салоні при русі по будь-яким дорожнім покриттям.

Окрім транспортних засобів, важливу роль у зниженні шумового забруднення відіграють і дорожні покриття. Використання спеціальних матеріалів та технологій при будівництві доріг може значно зменшити рівень шуму від руху транспорту, покращуючи акустичний комфорт у містах.

Таким чином, впровадження електробусів, використання безшумних шин та спеціальних дорожніх покриттів є ефективними заходами для зниження шумового забруднення в міських умовах, що сприяє підвищенню якості життя мешканців.

Також не менш важливим є озеленення транспортної інфраструктури для покращення екологічної ситуації та підвищення якості життя в містах. Розглянемо детальніше ключові аспекти цієї ініціативи:

Створення «зелених зупинок». Висадка дерев та чагарників на автобусних зупинках сприяє очищенню повітря від забруднюючих речовин і зменшує ефект міських «теплових островів» [29]. Зелені насадження поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень, що покращує якість повітря. Крім того,

рослинність забезпечує тінь для пасажирів, підвищуючи комфорт очікування транспорту.

Використання енергозберігаючого LED-освітлення. Впровадження світлодіодного (LED) освітлення на автобусних зупинках і станціях зарядки електротранспорту дозволяє суттєво знизити споживання електроенергії. LED-освітлення є більш довговічним та ефективним порівняно з традиційними лампами, що зменшує витрати на обслуговування та заміну. Крім того, такі системи можуть бути оснащені датчиками руху для автоматичного регулювання інтенсивності освітлення, що додатково економить енергію.

Стимулювання «зеленого» будівництва інфраструктури. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, для енергоживлення транспортних вузлів є важливим кроком до сталого розвитку. Інтеграція сонячних батарей у конструкції зупинок та станцій зарядки дозволяє забезпечити автономне енергопостачання, зменшуючи навантаження на міські електромережі. Наприклад, у деяких містах України вже реалізуються проекти з встановлення сонячних панелей на громадських об'єктах, що сприяє зниженню викидів CO₂ та економії бюджетних коштів.

На мою думку, озеленення транспортної інфраструктури через впровадження «зелених зупинок», енергозберігаючого LED-освітлення та використання відновлюваних джерел енергії є ефективними заходами для покращення екологічної ситуації в містах та підвищення комфорту мешканців.

Розділ 4. ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ М. ІРПІНЬ.

4.1. Концептуальні напрями комплексної екологічної модернізації транспортної інфраструктури м. Ірпінь з мотиваційним модулем для стейкхолдерів

У процесі дослідження ми проаналізували широкий спектр національних та локальних програм, заходів, методик і стратегій, у тому числі і м.Ірпінь, спрямованих на екологізацію міського транспорту, що дозволило отримати глибоке розуміння наявних ініціатив та їх ефективності, узагальнити досвід і розробити загальну концепцію програми екологізації транспорту для всіх міст, орієнтуючись на ті населені пункти, де екотранспорт ще не розвинутий. Програма має укрупнений характер, не включаючи занадто детальних аспектів, але забезпечує основні напрями для впровадження екологічно чистого транспорту в міському середовищі.

Таблиця 9 Концепція комплексної екологічної модернізації транспортної інфраструктури м. Ірпінь

Напрямок модернізації	Конкретні заходи та опис
1.Модернізація транспортної інфраструктури	<p>1.1 Розвиток дорожньої мережі та покращення стану існуючих доріг: Забезпечення безпеки дорожнього руху, зниження заторів та викидів через покращення якості доріг.</p> <p>1.2 Будівництво нових розв'язок і безпечних пішохідних переходів: Покращення руху транспорту, зменшення заторів, забезпечення безпеки пішоходів.</p>
2. Екологічний громадський транспорт	<p>2.1 Впровадження електробусів в муніципальні перевезення: Аналіз поступового переходу на електротранспорт для зниження забруднення повітря.</p> <p>2.2 Використання альтернативних видів пального: Закупівля автобусів, що працюють на CNG, LNG, гібридних двигунах для зменшення викидів.</p> <p>2.3 Виведення з експлуатації застарілих транспортних засобів: Заміна маршруток, що працюють на дизельному паливі, на екологічно чистіші моделі.</p>

	<p>2.4 Створення мережі електростанцій для електробусів та газових заправок: Розвиток інфраструктури для електричних та газових автобусів.</p> <p>2.5 Поступова відмова від дизельного транспорту: Стимулювання використання тільки екологічних транспортних засобів.</p>
3. Велосипедна та пішохідна інфраструктура	<p>3.1 Створення мережі велодоріжок та велопарковок: Покращення умов для використання велосипедів як альтернативи автотранспорту.</p> <p>3.2 Інтеграція велосипедної інфраструктури з системою громадського транспорту: Зручні пересадки на автобуси та електробуси.</p>
4. Інтелектуальні транспортні системи	<p>4.1 Впровадження адаптивних світлофорів для зменшення заторів: Покращення організації руху та зниження часу перебування в заторах.</p> <p>4.2 Розвиток системи моніторингу транспорту для покращення управління рухом: Зменшення навантаження на дороги та покращення безпеки.</p> <p>4.3 Створення мобільних додатків для реального часу моніторингу транспорту: Спрощення планування поїздок для пасажирів, зниження невизначеності.</p>
5. Зелені ініціативи та управління забрудненням	<p>5.1 Озеленення транспортних коридорів та зон навколо громадського транспорту: Створення комфортних, екологічних зон для громадського транспорту.</p> <p>5.2 Проведення програм по зниженню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин: Стимулювання скорочення шкідливих викидів для покращення якості повітря.</p> <p>5.3 Розробка та впровадження програм для відновлення екологічної рівноваги в містах: Використання зелених технологій для зниження забруднення.</p>
6. Громадське управління та участь громадськості	<p>6.1 Проведення громадських обговорень та збору думок від мешканців: Активне залучення громадян до процесу прийняття рішень щодо модернізації транспорту.</p> <p>6.2 Розробка нормативних актів та стимулів для підтримки екологічних ініціатив: Законодавче стимулювання використання екологічних технологій у транспортній системі.</p>

Авторська концепція на основі аналізу сучасного досвіду

Існує багато планів і проектів щодо впровадження екологічного транспорту, але їх впровадження на практиці залишається повільним і неефективним. Проблема полягає не лише в технічних складнощах, але й у

відсутності достатньої мотивації з боку органів влади, транспортних компаній, фінансових установ та громадян.

На мою думку Програма повинна буди обов'язково доповнена мотиваційним блоком для активації усіх екологічних ініціатив.

Мотиваційний блок, представлений нижче у Таблиці 10, спрямований на стимулювання швидкого впровадження екологічного пасажирського транспорту через систему заохочень і регулювань, що забезпечать матеріальні, фінансові та соціальні переваги, а також громадську підтримку для подолання існуючої інерції та прискорення реальних змін.

У таблиці представлено усі стейкхолдери екологізації пасажирських перевезень.

Таблиця 10 Мотиваційний модуль Концепції комплексної екологічної модернізації транспортної інфраструктури м. Ірпінь

Хто має бути мотивованим	Як мотивувати	Інструменти та методи мотивації
Міські влади та органи місцевого самоврядування	Підвищити рівень відповідальності за реалізацію екологічних ініціатив, зокрема, у транспортному секторі.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення законодавчих ініціатив для введення обов'язкових стандартів екологічного транспорту (наприклад, квоти на електробуси або автобуси з альтернативними видами палива). 2. Введення зелених тарифів для компаній, що використовують екологічний транспорт, і зниження податків для таких підприємств. 3. Забезпечення фінансових стимулів для місцевих органів влади, які реалізують «зелені» транспортні проекти (субсидії, гранти).
Транспортні компанії	Мотивувати інвестувати в екологічний транспорт та модернізацію інфраструктури.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введення фінансових субсидій або кредитів з низьким відсотковим ставками для закупівлі електробусів та автобусів з альтернативними двигунами. 2. Запуск пільгових умов на оренду екологічного транспорту для приватних компаній. 3. Надання пільгових умов для компаній

		при сертифікації екологічного транспорту (наприклад, отримання статусу «зелений бізнес»).
Громадські активісти та екологічні організації	Залучати громаду до активної участі у формуванні попиту на екологічний транспорт.	1. Створення платформ для петицій, через які громадяни можуть ініціювати або підтримувати проекти по переходу на екологічний транспорт у своїх містах. 2. Організація громадських акцій та кампаній (наприклад, «Місяць без дизеля»), спрямованих на підтримку екологічного транспорту.
Керівники громадського транспорту	Сприяти переходу на екологічні маршрути та зменшення використання дизельного транспорту.	Введення цільових бонусів за досягнення певних екологічних показників, таких як зменшення викидів або збільшення частки екологічних автобусів.
Фінансові установи (банки)	Підтримувати інвестиції в екологічний транспорт через фінансові механізми.	1. Впровадження спеціальних кредитних програм для бізнесу на екологічний транспорт із пільговими умовами для транспорту, який відповідає екологічним стандартам. 2. Підтримка екологічно орієнтованих стартапів з інноваційними рішеннями для транспортування пасажирів.
Мешканці міста	Підвищити обізнаність про переваги еко транспорту для здоров'я і навколишнього середовища.	1. Проведення інформаційних кампаній щодо переваг електробусів і альтернативних видів палива (екологічне здоров'я, зменшення шумового забруднення). 2. Створення платформ з реального часу, де можна дізнаватися, де найближчий екологічний транспорт, що дозволяє заохочувати громадян користуватися ним.
ІТ-компанії та стартапи	Створити цифрові рішення для спрощення використання еко транспорту.	1. Розробка мобільних додатків для моніторингу руху електробусів і планування маршрутів, де зручно переходити на екологічний транспорт. 2. Інтеграція аналітичних систем для моніторингу ефективності еко транспорту: витрати пального, викиди, споживання

		енергії.
Постачальники екологічного транспорту	Стимулювати виробництво нових моделей екологічних автобусів та їх адаптацію до потреб міських перевезень.	Введення преференційних умов для постачальників екологічного транспорту, включаючи зниження мит та податків для ввезення техніки, що відповідає стандартам низьких викидів. 2. Підтримка відкритих тендерів для закупівлі нових моделей автобусів, які працюють на альтернативному паливі.
Школи та університети	Формувати свідомість у молоді про важливість екологічного транспорту.	1. Проведення освітніх програм про екологічний транспорт і його переваги для студентів та школярів. 2. Організація екологічних заходів (наприклад, екодень в університеті), де студенти могли б познайомитися з новими технологіями електричного транспорту.
ЗМІ та рекламні агенції	Стимулювати популяризацію екологічного транспорту через медіа.	1. Запуск рекламних кампаній по екологічному транспорту, використовуючи яскраві відео та статті, що показують переваги екологічного транспорту для міста і здоров'я. 2. Включення екологічних тем в новини та соцмережі для підвищення обізнаності громадян щодо екотранспорту.
Міжнародні організації та донори	Залучити міжнародне фінансування для швидкого впровадження проектів.	1. Пошук міжнародних грантів для підтримки переходу на екологічний транспорт у великих містах.

Запропоновано автором на основі аналізу сучасного досвіду

Для ефективної реалізації екологічних ініціатив на місцевому рівні важливо адаптувати нормативно-правову базу. На мою думку вона повинна включати:

1. Розробку та впровадження місцевих програм розвитку екологічного транспорту, які передбачають оновлення парку громадського транспорту на електричні або гібридні моделі.

2. Встановлення зон з обмеженим рухом для транспорту з високим рівнем викидів, що стимулює використання екологічно чистих видів транспорту.

3. Запровадження податкових пільг для екологічного транспорту та програм компенсації для підприємств, що переходять на чисту енергію

Фінансові стимули є ефективним засобом заохочення підприємств та громадян до переходу на екологічно чисті технології[20].

3. Співпраця з приватним сектором через державно-приватне партнерство (ДПП)

Я вважаю, що залучення приватних інвесторів до модернізації транспортної інфраструктури є перспективним напрямком. Наприклад, співпраця між «Укрзалізницею» та Фондом Говарда Баффета призвела до створення першого у світі автономного «поїзда-кухні» — проекту, що демонструє ефективність ДПП у транспортній сфері.

На мою думку, використання цих механізмів дозволить Ірпеню ефективно фінансувати модернізацію транспортної інфраструктури, залучаючи як міжнародні, так і приватні ресурси.

Розвиток міської транспортної інфраструктури є ключовим елементом створення екологічно чистого та ефективного міського середовища. Нижче наведено детальний аналіз основних напрямків розвитку інфраструктури:

1) Встановлення мережі зарядних станцій у стратегічних місцях міста

Зі зростанням кількості електромобілів необхідно забезпечити доступність зарядних станцій для мешканців та гостей міста(Додаток 8). В Україні вже існують інтерактивні карти[21], які відображають розташування публічних електрозаправок, наприклад, карта від EVNOON . Розміщення зарядних станцій у місцях з високою концентрацією транспорту, таких як торговельні центри, офісні комплекси та житлові райони, сприятиме популяризації електротранспорту та зменшенню викидів шкідливих речовин.

2) Будівництво спеціальних дорожніх смуг для екологічного

громадського транспорту

Виділені смуги для екологічно чистого транспорту, зокрема електробусів та велосипедів, сприяють зменшенню заторів і підвищенню швидкості пересування. Я вважаю це стимулює мешканців користуватися громадським транспортом, знижуючи навантаження на дорожню мережу та покращуючи екологічну ситуацію в місті.

3) Впровадження інтелектуальних систем керування трафіком для підвищення ефективності руху

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) використовують сучасні технології для оптимізації дорожнього руху[16], зменшення заторів та підвищення безпеки на дорогах. В Україні вже розпочато впровадження таких систем, зокрема через встановлення камер фіксації порушень та автоматизованих штрафів. Подальший розвиток ІТС включає використання сенсорів, GPS-навігації та систем взаємодії між транспортними засобами, що дозволяє водіям отримувати детальну та швидку інформацію про дорожні умови та можливі небезпеки.

На мою думку реалізація цих заходів сприятиме створенню сучасної, екологічно чистої та ефективної транспортної інфраструктури, що покращить якість життя мешканців та зменшить негативний вплив на довкілля.

4) Навчання та підготовка персоналу

Розвиток екологічного транспорту на мою думку вимагає комплексного підходу до навчання та підготовки персоналу. Це включає організацію курсів для водіїв електробусів і гібридного транспорту, навчання технічного персоналу для обслуговування нових транспортних засобів та популяризацію екологічного транспорту серед населення через освітні кампанії.

Перехід на електричні та гібридні транспортні засоби вимагає від водіїв нових знань та навичок. Зокрема, необхідно розуміти особливості керування такими транспортними засобами, їх технічні характеристики та специфіку експлуатації. В Україні вже існують освітні програми, спрямовані на підготовку

фахівців у сфері транспортної логістики. Наприклад, Ужгородський національний університет пропонує інноваційну освітню програму "Транспортна логістика міста", яка забезпечує глибоке розуміння транспортної інфраструктури та логістичних процесів.

Технічне обслуговування електробусів та гібридних транспортних засобів відрізняється від обслуговування традиційних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Це вимагає спеціалізованої підготовки технічного персоналу. Згідно з дослідженнями, впровадження сучасних транспортних засобів покращує умови праці працівників, зокрема водіїв та технічного персоналу, що займається їх обслуговуванням та зарядкою.

5. Популяризація екологічного транспорту серед населення через освітні кампанії

Інформування громадськості про переваги екологічного транспорту є ключовим для його впровадження. Громадські організації, такі як "Чисте місто", проводять освітні кампанії щодо зменшення використання пластику та популяризації екологічного способу життя. Також, у Всесвітній день без автомобілів киян та гостей міста закликають зменшити використання власного автотранспорту, що сприяє популяризації альтернативних способів пересування.

Таким чином, на мою думку комплексний підхід до навчання та підготовки персоналу, а також інформування населення про переваги екологічного транспорту, сприятиме його ефективному впровадженню та розвитку в Україні.

Отже, очікувані результати модернізації транспортної інфраструктури Ірпеня: зниження викидів CO₂ на 40-50%; скорочення витрат на утримання транспорту; зменшення шумового забруднення на 30-40%; збільшення пасажиропотоку завдяки покращенню комфорту перевезень; зростання інвестиційної привабливості міста через розвиток екологічного транспорту.

Ця програма на мою думку дозволить Ірпеню стати одним із лідерів в

Україні за рівнем екологічної мобільності та комфортності транспорту.

На мою думку фінансове забезпечення модернізації транспортної інфраструктури в Ірпені може здійснюватися через кілька ключових механізмів:

1. Створення спеціального фонду модернізації транспорту

У 2022 році за ініціативою місцевої влади було створено «Фонд відновлення Ірпеня», спрямований на відбудову міської інфраструктури, зокрема транспортної. Цей фонд акумулює кошти від міжнародних партнерів та донорів для фінансування відновлювальних проєктів. Детальна інформація про діяльність фонду доступна на ресурсі Iripin Help, де зібрані офіційні дані про руйнування та кошториси відновлення.

2. Використання міжнародних грантів та програм фінансування

Ірпінь має можливість залучати кошти з міжнародних програм, таких як:

Програма «Connecting Europe Facility» (CEF): спрямована на розвиток альтернативних видів палива для транспорту. В рамках цього конкурсу доступно 1 мільярд євро, зокрема для України.

Програма EU4Business: підтримує українські мікро-, малі та середні підприємства з експортним потенціалом та інноваційними ідеями. Хоча програма не спрямована безпосередньо на транспортну сферу, підприємства, пов'язані з інноваційними транспортними рішеннями, можуть подати заявки.

Гранти від ЄС та Німеччини для українських підприємств: передбачають надання грантів у розмірі до 10 000 євро для 100 українських підприємств, зокрема в сфері логістики та транспорту.

4.2. Економічне обґрунтування стратегії переходу на екологічний транспорт в місті Ірпінь"

На мою думку структура плану модернізації автотранспортної інфраструктури Ірпеня в першу чергу потребує таких заходів:

1) Заміна частини рухомого складу на екологічний транспорт:

- Часткова електрифікація громадського транспорту.

- Перехід на газо- або гібридні автобуси.
- Відмова від маршрутних таксі з низькими екологічними стандартами.

2) Розвиток зарядної та паливної інфраструктури

- Встановлення зарядних станцій для електробусів.
- Будівництво пунктів заправки для екологічних видів пального (CNG, LNG, водень).

3) Оптимізація маршрутної мережі

- Зменшення дублюючих маршрутів.
- Інтеграція з приміською електричкою та міжміськими автобусами.

4) Економічне обґрунтування

- Порівняння вартості експлуатації дизельних автобусів vs. електробусів.
- Очікувані витрати та термін окупності модернізації.

5) Оцінка екологічного ефекту

- Зменшення викидів CO₂, NO_x, PM та канцерогенів після впровадження змін.
- Розрахунок скорочення споживання дизельного пального.

1. Заміна частини рухомого складу на екологічний транспорт

Потреби жителів міста Ірпінь в пересуванні в межах міста задовольняються маршрутами №7-А та №7-Б, які обслуговують різні райони міста. Згідно з графіком (<https://www.marshrutka.com.ua/3525>) маршрут №7-А складається з 9 рейсів за маршрутом, що представлений на мапі (Додаток Г).

Маршрут №7-Б має аналогічний маршрут, але рухається в протилежному напрямку, забезпечуючи зручне сполучення між різними районами міста.

Протяжність маршрутів №7-А та №7-Б становить 11,35км кожен. Загальний пробіг за цими двома маршрутами за 1 день орієнтовно становить 204,3км.

Крім того, в Ірпені існує кілька популярних маршрутів громадського транспорту, які з'єднують місто з Києвом та іншими населеними пунктами(Додаток Г). Серед них:

- **Маршрут №392:** сполучає Ірпінь із станцією метро "Академмістечко" в Києві. - **Маршрут №420:** також курсує між Ірпенем та станцією метро "Академмістечко".

- **Маршрут №395:** з'єднує Ірпінь із станціями метро "Оболонь" та "Мінська" в Києві.

- **Маршрут №379:** сполучає Ірпінь із Києвом через район Синергія.

- **Маршрут №422:** з'єднує Ірпінь із Києвом, кінцева зупинка біля ТРЦ "Жираф".

Пробіг всіх маршрутів по місту Ірпінь становить близько 250 км/день.

Необхідна часткова електрифікація громадського транспорту: впровадження 20 електробусів для міських маршрутів, що замінять старі дизельні маршрутки на найбільш популярних маршрутах; використання моделей із запасом ходу 250-300 км, що покриває денний пробіг; оновлення маршрутної мережі для забезпечення ефективної роботи електробусів; інтеграція електробусів у систему міського транспорту з гнучкими маршрутами; впровадження інтелектуальних систем управління рухом електробусів для оптимізації енергоспоживання.

Розрахунок економічної вигоди від заміни дизельних мікроавтобусів на електробуси наведений в таблиці 11(Додаток Д).

Таблиця 11 Розрахунок енергоспоживання, витрат та економічної ефективності експлуатації електробусів в м. Ірпінь

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	кількість
1	Середнє споживання електробуса	кВт·год/км	1,2
2	Пробіг на день	км	250
3	Добове споживання енергії	кВт·год	300
4	Вартість електроенергії	грн/кВт·год	3,50
5	Витрати на електроенергію в день	грн.	$300 \times 3,50 = 1050$
6	Витрати на електроенергію в рік (20 електробусів)	млн грн.	$1050 \times 365 \times 20 = 7,66$
7	Витрати на закупівлю електробусів (10 млн грн за одиницю)	млн грн.	200
8	Окупність за рахунок економії на	років	10

	паливі та технічному обслуговуванні		
--	-------------------------------------	--	--

Окупність розраховувалась виходячи з порівняння експлуатаційних витрат на автобус з двигуном внутрішнього згорання та електробусом, наведеного нижче.

Таблиця 12 Річні витрати на дизельне паливо для автобусів у м. Ірпінь

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	кількість
1	Середня витрата дизельного автобуса	л/100 км	25
2	Добове споживання пального	л	62,5
3	Вартість дизелю	грн/л	55,00
4	Витрати на паливо в день	грн.	3 437,00
5	Витрати на паливо в рік (20 автобусів)	млн грн.	25,0

Отже, за моїми розрахунками різниця витрат між електробусами та автобусами з двигуном внутрішнього згорання на дизельному паливі становить майже 3,3 рази на користь електробусів(ДодатокД).

Також гарним кроком є перехід на газові та гібридні автобуси: використання газомоторних автобусів (CNG/LNG) для міських перевезень; впровадження гібридних автобусів, що працюють на дизельному паливі та електроенергії; заміна 10 дизельних автобусів на газові моделі; використання системи рекуперації енергії у гібридних автобусах для зменшення витрат пального.

На мою думку перевагами газомоторного транспорту є: викиди CO₂ на 20-30% нижчі, ніж у дизельних автобусів; менша витрата пального за рахунок вищого ККД газових двигунів; зниження рівня твердих часток і оксидів азоту.

Далі розглянемо варіанти автобусів, обладнаних газовою установкою.

1. Українські виробники:

- «Еталон» (Черкаси) (Додаток І). Моделі газових автобусів: «Еталон» пропонує газові автобуси на базі моделі Еталон 12 та Еталон 15. Ці автобуси можуть бути оснащені двигунами, що працюють на природному газі (CNG). Ціна: варіюється, зазвичай від 1,5 до 3 млн грн в залежності від конфігурації та

комплектації.

- «Черкаський автобус». Виготовляє автобуси «Татрік», в тому числі на газовому паливі. Пропонується кілька моделей, таких як Татрік 12 CNG. Ціна: залежить від конфігурації, орієнтовно від 1,2 млн грн.

2. Європейські виробники:

- **MAN (Німеччина)**. Моделі: газові автобуси MAN Lion's City CNG, які використовуються в багатьох містах Європи. Ціна: залежно від комплектації від 12 млн грн. Автобуси цього виробника відомі своєю високою надійністю та комфортом для пасажирів.

- **Mercedes-Benz (Німеччина)**. Моделі: Mercedes-Benz Citaro NGT — відомі своїми низькими викидами та високою ефективністю. Ціна: орієнтовно від 13 млн грн.

- **Volvo (Швеція)**. Моделі: Volvo 7900 CNG — газові автобуси для міських перевезень. Ціна: близько 10-12 млн грн.

Орієнтовна вартість закупівлі 10 газових автобусів вітчизняного виробника орієнтовно становить **150 млн грн**.

Далі розрахуємо витрати на експлуатацію автобусів з газовими двигунами і економії наведених в таблиці 13.

Таблиця 13 Річні витрати на паливо для газових автобусів у м. Ірпінь

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	кількість
1	Середня витрата газового автобуса	кг газу/100 км	20,0
2	Вартість газу	грн/кг	40,00
3	Добові витрати на паливо (на один автобус)	грн	2000,00
4	Річні витрати на 10 газових автобусів	млн грн	7,3

Отже, можна зробити висновок, що орієнтовні витрати на утримання 10 одиниць дизельних автобусів на рік в сумі 12,5 млн.грн., орієнтовна різниця витрат між автобусами на газовому двигуні та автобусами з двигуном внутрішнього згорання на дизельному паливі становить майже 2 рази на користь автобусів з газовими двигунами.

Насупним кроком є відмова від старих маршрутних таксі. На мою думку проблемами існуючих маршруток є: високий рівень зношеності та низькі екологічні стандарти; викиди CO₂, NO_x та канцерогенних твердих часток; низький рівень комфорту для пасажирів.

Моїми пропозиціями для рішення цих проблем є: поступове виведення з експлуатації маршрутних таксі класу Євро-3 і нижче; заміна їх сучасними електромікроавтобусами та газовими мінівеннами; впровадження нових стандартів громадського транспорту; використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) для моніторингу завантаженості маршрутів.

Наступним кроком я б запропонував розвиток зарядної та паливної інфраструктури(Додаток 3). Одним зі шляхів це є встановлення хоча б 5 зарядних станцій по місту[21]. На мій погляд використання швидкісних зарядних станцій 160 кВт, що заряджають електробус за 2 години це гарна ідея.

Наприклад, зарядна станція ND Швидка постійного струму ND 160 кВт. Ця високопродуктивна станція забезпечує потужність 120 кВт, що дозволяє оперативно заряджати навіть автомобілі з великим акумулятором. Вартість цієї зарядної станції становить 1,541 млн.грн.

Загальні витрати: $5 \times 1,541 = 4,623$ млн грн.

За моїми підрахунками, очікуваний термін окупності за рахунок економії на пальному: менше 1 року(Додаток 3).

Насупний крок – це оптимізація маршрутної мережі. Тут варто зменшити дублюючі маршрути.

Я вважаю, що скорочення малоефективних маршрутів та оптимізація розкладу для уникнення перевантаження у години пік скоротить холості рейси на 15-20%, економія витрат на пальне при цьому до 10 млн грн/рік.

Наступним кроком порівнюємо вартість експлуатації дизельного та електричного транспорту, дані наведені у таблиці 14.

Таблиця 14 Порівняння річних експлуатаційних витрат дизельних автобусів і електробусів у м. Ірпінь

№ з/п	Параметр	Дизельний	Електробус
-------	----------	-----------	------------

		автобус	
1	Витрати на паливо/електроенергію (річні, 20 одиниць)	25 млн грн	7,66 млн грн
2	Витрати на ТО (масло, фільтри тощо)	5 млн грн	1,5 млн грн
3	Загальні витрати	30 млн грн	9,16 млн грн

Отже з наведених даних можна зробити висновок, що економія коштів на експлуатаційні витрати електробусів у порівнянні з витратами на автобуси із двигунами внутрішнього згорання орієнтовно становитиме: 20,84 млн грн щорічно(Додаток Д).

Наступним кроком треба оцінити екологічний ефект

1) Необхідність зменшення викидів парникових газів безперечна, бо викиди дизельного транспорту становлять в середньому на рік: CO₂: 5 870 тонн/рік; NO_x: 19,7 тонн/рік; РМ (тверді частки): 0,87 тонн/рік.

Після впровадження електротранспорту зменшення обсягів викидів вихлопних газів матиме такий вигляд: CO₂ скорочується на 1 755 тонн/рік; NO_x зменшується на 6 тонн/рік; РМ зменшується на 260 кг/рік.

Це безперечно гарний результат.

Отже на мою думку перехід на електротранспорт у місті Ірпень може приносити економію та вигоду для клімату, іміджу міста та інвестиційної привабливості(Додаток Е).

ВИСНОВОК

У ході дипломної роботи розглянуто теоретичні та практичні аспекти впровадження екологічного транспорту в систему міських пасажирських перевезень на прикладі міста Ірпінь.

Проведене дослідження засвідчило, що підвищення екологічності автотранспортної системи є не лише актуальним завданням, а й передумовою сталого розвитку міста.

У ході виконання роботи було досліджено актуальне питання збільшення частки екологічного транспорту в системі міських автоперевезень на прикладі м.Ірпінь.

У першому розділі розглянуто класифікацію пасажирського транспорту, окреслено сучасні екологічні виклики в галузі автоперевезень, а також вивчено зарубіжний досвід застосування екологічних технологій. Це дозволило сформулювати методологічну базу для подальшого аналізу.

У ході роботи було детально розглянуто екологічні види транспорту та особливості їх впровадження. Де було виявлено, що основними бар'єрами для масового впровадження екологічного транспорту є висока вартість електромобілів, недостатня кількість зарядних станцій та недостатня державна підтримка.

Для вирішення цих проблем необхідний розвиток інфраструктури – будівництво нових зарядних станцій, облаштування спеціальних смуг руху для екологічного транспорту; фінансова підтримка – надання субсидій, податкових пільг та кредитів на придбання електромобілів і велосипедів; законодавчі ініціативи – впровадження жорсткіших екологічних норм, стимулювання переходу на екологічні види транспорту; популяризація екологічного транспорту – проведення інформаційних кампаній, заохочення до використання велосипедів і громадського електротранспорту; впровадження передових

технологій – розвиток водневого транспорту, покращення ефективності акумуляторних батарей.

У другому розділі здійснено оцінку транспортної системи Ірпеня: встановлено, що частка екологічного транспорту залишається низькою, а технічний стан значної частини рухомого складу не відповідає сучасним екологічним стандартам. Також виявлено потребу в оновленні інфраструктури та модернізації автотранспортних підприємств.

У третьому розділі доведено, що впровадження екологічного транспорту сприяє не лише покращенню стану довкілля, а й зниженню аварійності та підвищенню безпеки руху. Також розглянуто заходи з охорони праці водіїв і технічного персоналу при переході на нові технології.

У четвертому розділі запропоновано концептуальні напрями екологічної трансформації транспорту в Ірпені, зокрема: створення стимулюючих механізмів для стейкхолдерів (міської влади, бізнесу та населення), розвиток інфраструктури для електротранспорту, впровадження електробусів на міських маршрутах, а також механізми фінансування таких змін. Економічне обґрунтування підтвердило доцільність та реалістичність запропонованої стратегії.

Проведений аналіз довів, що впровадження екологічно чистих транспортних засобів є одним із ключових напрямків розвитку сталих міських транспортних систем, з огляду на зростаючі екологічні загрози, погіршення якості повітря в містах та необхідність зменшення викидів парникових газів.

У ході роботи було визначено основні переваги використання екологічного транспорту, зокрема електромобілів, гібридних авто та громадського транспорту на альтернативних джерелах енергії.

На основі проведеного дослідження запропоновано низку практичних напрямків, які сприятимуть збільшенню частки екологічного транспорту в міських автоперевезеннях, а саме: розвиток інфраструктури для електротранспорту; розвиток мережі зарядних станцій; запровадження фінансових стимулів для користувачів екологічного транспорту; оновлення муніципального автопарку з пріоритетом на електротранспорт; підвищення рівня екологічної свідомості населення; розробка комплексних програм підтримки на рівні місцевої та державної влади.

Таким чином, реалізація запропонованих напрямів дозволить суттєво збільшити частку екологічного транспорту в Ірпені, зменшити техногенне навантаження на довкілля, покращити якість міського простору та створити передумови для сталого транспортного розвитку міста.

Ураховуючи тенденції розвитку екологічного транспорту у світі та в Україні, Ірпінь має значний потенціал для інтеграції сталих транспортних рішень. Запровадження запропонованих заходів дозволить не лише знизити рівень забруднення навколишнього середовища, а й покращити мобільність, якість життя та інвестиційну привабливість міста.

Отже, реалізація визначених напрямків збільшення частки екологічного транспорту в Ірпені є доцільною, своєчасною та має стати одним із пріоритетів міської політики в сфері транспорту та екології.

Використані джерела інформації

Закони, укази, постанови

1. Про транспорт: Закон України № 232/94-ВР від 10.11.1994 р. // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – №51. – Ст. 446. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>
2. Про автомобільний транспорт: Закон України № 2344-III від 05.01.2013 р. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>
3. Про дорожній рух: Закон України № 3353-XII від 05.01.2013 р. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3353-12>
4. Про транспортно-експедиторську діяльність: Закон України № 1955-IV від 01.07.2004 р. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/> про транспортно-експедиторську діяльність
5. Постанова Кабінету Міністрів України №176 від 18.02.1997 р. "Про затвердження правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту".
6. Національна транспортна стратегія України до 2030 року – офіційна стратегія розвитку екологічного транспорту.

Основна і допоміжна література

7. Аналітичний звіт щодо впливу екологічного транспорту на якість повітря в міських агломераціях // Journal of Urban Transport, 2022.
8. Гук М.Ю., Ковальчук І.І. "Екологічні аспекти розвитку міського транспорту в Україні" // Науковий вісник "Транспорт і екологія", 2021.
9. Герзель В.М. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху: Навч. посіб. / В.М.Герзель, М.М.Марчук, М.А.Фабрицький, О.П.Рижий. – Рівне: НУВГП, 2008. – 199 с.
10. Гордійчук А.С. Основи наукових досліджень: навч. посіб. / А.С. Гордійчук, О.А. Стахів. – Рівне: НУВГП, 2008. – 331 с.

11. Дослідження Корнельського університету щодо утилізації літій-іонних акумуляторів у транспортній галузі // Cornell University Press, 2023.
12. "Екологічні аспекти автотранспортного комплексу" // монографія / І.Е. Линник, О.І. Лежнева, Є.В. Дорожко та ін. – Харків: Видавництво «Смугаста типографія», 2020. – 194 с.
13. Зінь Е.А. Управління автомобільним транспортом: підруч./ Е.А.Зінь – К.: ВД «Професіонал», 2011. – 228 с.
14. Ковбасенко В., Матейчик В. П. Перспективи підвищення екологічної безпеки автотранспортних засобів з дизелями // Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «Державтотранс НДІ проект», 2022. С. 327-332. - 339 с.
15. "Організація перевезень і безпека транспорту" // Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2019. Вип.33. Т.2. // УДК 504.062:656.11
16. Пустовіт О.В. "Електробуси як альтернатива дизельному транспорту: техніко-економічний аналіз" // Вісник Київського національного університету будівництва і архітектури, 2022.
17. "Проблеми організації міських пасажирських перевезень" // ЕКОНОМІКА ТА СУСПІЛЬСТВО, Випуск № 44/2022
18. Протокол про сталий транспорт до Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_576 (дата звернення: 05.04.2025).

Офіційні сайти та ресурси

19. Ірпінська міська рада – imr.gov.ua – дані про громадський транспорт міста.

20. Міністерство інфраструктури України – mtu.gov.ua – статистика щодо впровадження екологічного транспорту.
21. [Nezlamni.city](http://nezlamni.city) – nezlamni.city – аналітика щодо роботи громадського транспорту в Ірпені.
22. Сайт Держстату України – index.minfin.com.ua – статистичні дані щодо паливних витрат і транспортних потоків.
23. Smartroads.org.ua – інформація про інтелектуальні транспортні системи та цифрову інфраструктуру міст.
24. Оцінка економії палива в експлуатації для гібридних і звичайних транзитних автобусів Січень 2013 року / [Журнал транспортних технологій](#) 3(01):52-27 / DOI: [10.4236/jtts.2013.31006](https://doi.org/10.4236/jtts.2013.31006) / Ліцензія / [CC BY 4.0](#)

Технічна документація та звіти

25. Грантові програми для фінансування екологічного транспорту в Україні – EU Green Deal, 2024.
26. Звіт про впровадження електробусів у містах ЄС // European Transport Research Review, 2021.
27. Звіт про розширення зарядної інфраструктури для електробусів в українських містах // Міністерство енергетики України, 2023.
28. Каталоги виробників електробусів (BYD, MAN, Volvo, Електрон) – технічні характеристики рухомого складу.
29. Реалізація європейського зеленого курсу в транспорті та формування сталої мобільності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Realizatsiya-YEvropey-skogo-zelenogo-kursu-v-transporti-ta-formuvannya-staloi-mobilnosti.pdf>. – Дата звернення: 07.04.2025.

30. Електрифікація громадського транспорту: кейс Shenzhen Bus Group (Світовий банк, 2021)

31. "A Comparison of Driver Sleepiness in the Simulator and on the Real Road" // Автори: Carina Fors, Christer Ahlström, Anna Anund // Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), Лінчепінг, Швеція // Journal of Transportation Safety & Security // 2018

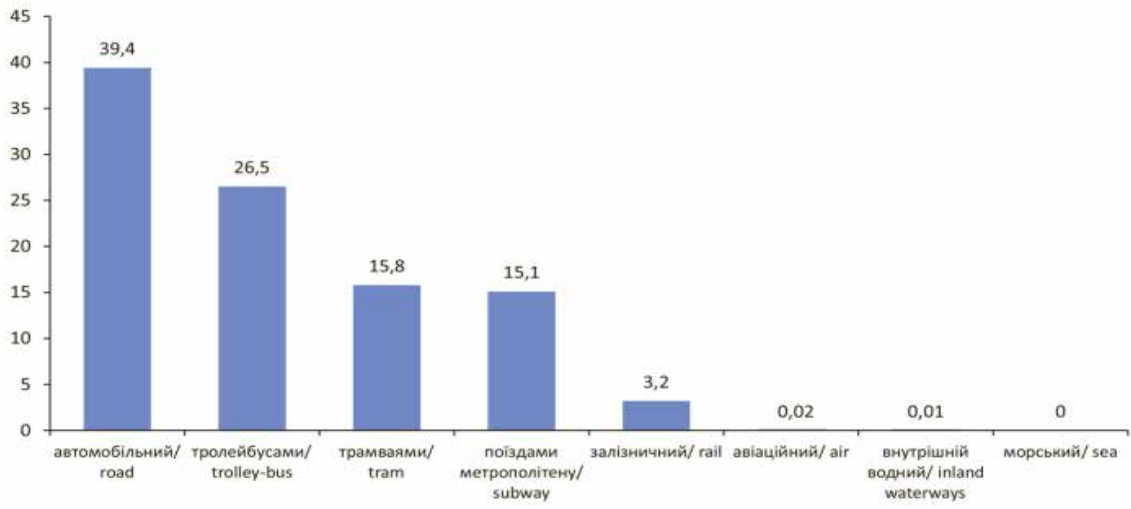
Додатки

Додаток А

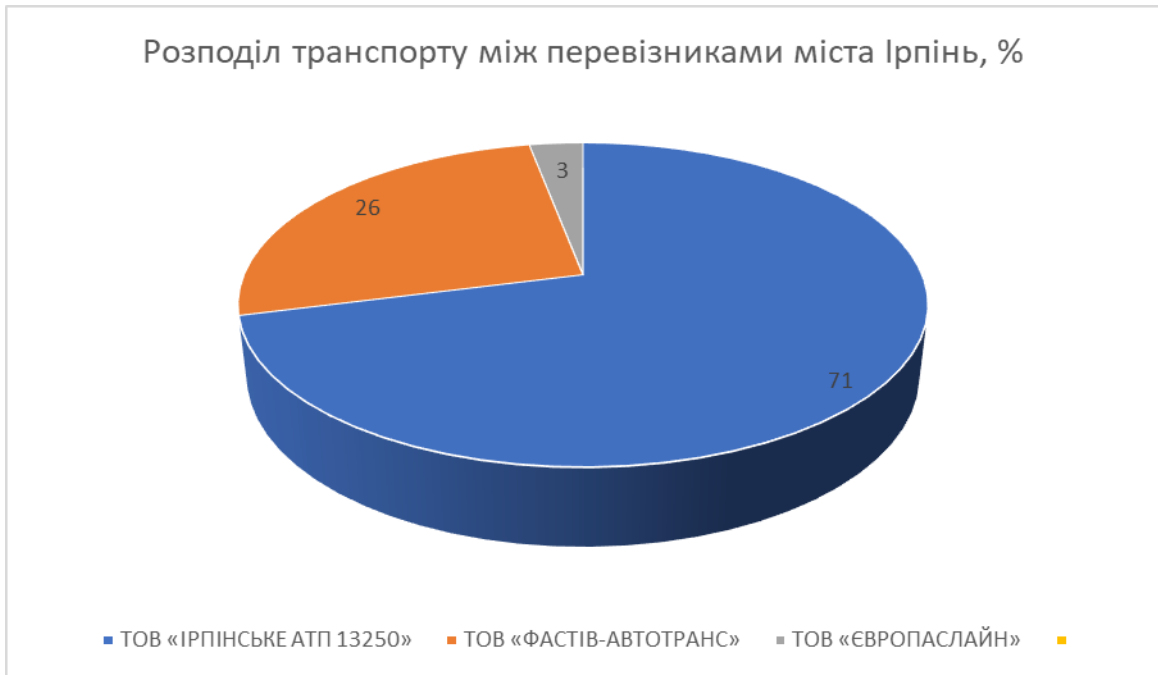
Розподіл окремих видів транспорту у загальному перевезенні пасажирів у 2023 році

Distribution of certain types of transport in total passenger traffic in 2023

(відсотків / percent)



Додаток Б



Додаток В



Перелік транспортних засобів ТОВ «ІРПІНСЬКЕ АТП 13250» станом 16 грудня 2019 р. на останнє оновлення на ресурсі <https://data.gov.ua/>.

Державний номер	Марка, модель	Пасажиромісткість
03987КА	БОГДАН А-091	22
05787КА	БОГДАН А-09202	23
АІ0049СА	I-VAN А 07 А1-30	27
АІ0563АА	БОГДАН А06922 інв.	15
АІ0564АА	РУТА 22 інва	16
АІ0565АА	РУТА 22 інва	16
АІ0566АА	РУТА 23	23
АІ0567АА	РУТА 23	23
АІ0644ЕК	I-VAN А07А1-632	27
АІ0653АА	РУТА 23	23
АІ0655АА	РУТА 23	23
АІ0656АА	РУТА 23	23
АІ0658АА	РУТА А0484 інв.	16
АІ0661АА	РУТА 23	23
АІ0662АА	РУТА 22 інва	17
АІ0663АА	РУТА 22 інва	17
АІ0668СО	I-VAN А07А1-60	27
АІ0669АА	РУТА 22 інва	17
АІ0671АА	РУТА 22 інва	17
АІ0681АА	РУТА 22	23
АІ0682АА	РУТА 22	23
АІ0683АА	РУТА 22	23

AI0684AA	РУТА 22	23
AI0685AA	РУТА 22	23
AI0716AA	БОГДАН А 09202	23
AI0717AA	БОГДАН А 09202	23
AI0720AA	РУТА 22 А Нова	23
AI0721AA	РУТА 22 А Нова	23
AI0722AA	РУТА 22А Нова	23
AI0723AA	РУТА 22А Нова	23
AI0724AA	РУТА 22 А Нова	23
AI0725AA	РУТА 22А Нова	23
AI0788AX	I-VAN A07A1-60	27
AI0848PK	БОГДАН А-091	22
AI0911BB	I-VAN A07A1-60	27
AI1019IC	I-VAN A07A-331	22
AI1055PC	I-VAN A07A	26
AI1370HC	I-VAN A07A1	27
AI1381CE	I-VAN 3A3	24
AI1509HO	БОГДАН А-092	23
AI1521CX	I-VAN A07A-30	22
AI1575HO	I-VAN A07A-22	22
AI1581CA	БОГДАН А-09212	28
AI1623AB	РУТА 23	23
AI1698CT	БОГДАН А0921	26
AI1784IM	БОГДАН А-091	23
AI1843IE	I-VAN A07A1-60	27
AI1977CE	I-VAN A07A1-60	28
AI1985CA	I-VAN A07A 1-60	28
AI2019AP	I-VAN A07A1-60	27
AI2068CE	I-VAN A07A1-30	27
AI2262CM	I-VAN A07A	28
AI2294CI	I-VAN A07A1-632	27
AI2321CH	I-VAN A07A1-61	27
AI2381EP	РУТА 23А Нова инв.	12
AI2417BP	I-VAN A07A1-60	27
AI2486CX	I-VAN A07A1-60	27
AI2890CT	I-VAN A07A1-61	27
AI3022BT	I-VAN A07A1-631	26
AI3146AO	БОГДАН А-091	23
AI3247CE	I-VAN A07A1-30	26
AI3376CT	I-VAN A07A2	29
AI3506EA	I-VAN A07A	22
AI3578IA	БАЗ А 079.14	26
AI3675IA	БОГДАН А-091	22
AI3719EX	БОГДАН А-09201	23
AI3805EH	I-VAN A07A-32	28

AI3892AI	МАЗ 256200	28
AI3955CI	I-VAN A07A1-60	27
AI3987EE	БОГДАН А-09212	27
AI4268CP	МАЗ 256-200	28
AI4338EO	РУТА 25А Нова інв.	20
AI4460AH	РУТА 23	23
AI4483CH	РУТА 22 інва	17
AI4839CM	I-VAN A07A1-631	27
AI4890EE	РУТА 23	23
AI4904CP	I-VAN A07A1-60	28
AI5008AM	РУТА 22 інв.	17
AI5052CK	I-VAN A07A1-63	26
AI5157CM	СПБ17 РУТА інв.	16
AI5387BT	I-VAN ЗАЗ	24
AI5528CX	I-VAN A07A-30	24
AI5876EA	I-VAN A07A1-30	27
AI5917CP	БОГДАН А-09202	23
AI6461CA	РУТА СПБ-17 СПГ	16
AI7292HA	I-VAN A07A1-60	27
AI7496HO	I-VAN A07A	22
AI7556ET	БОГДАН А-09312	31
AI7908HA	БОГДАН А-09202	22
AI7986AB	БОГДАН А-092	22
AI8046EC	I-VAN A07A1-60	27
AI8106EC	I-VAN A07A1-40	27
AI8161CT	БОГДАН А09202 інв.	18
AI8223AK	ЗАЗ I-VAN	22
AI8290EK	РУТА 23	23
AI8498EM	РУТА 23	23
AI8512CP	БОГДАН А09302	32
AI8544CP	РУТА 23	23
AI8577EH	ПАЗ 4234	31
AI8698CP	РУТА А0484 інв.	16
AI8818CK	I-VAN A07A1-60	27
AI8874EX	РУТА 20 інв.	19
AI8893KA	БОГДАН А-09202	23
AI8910EX	БАЗ 079-04	25
AI8918EI	РУТА 23	23
AI9095HB	I-VAN A07A-32	26
AI9376EM	РУТА 23	23
AI9617ET	БОГДАН А-09202	23
AI9649IO	I-VAN A07A-30	22
AA0124PX	РУТА 22 інва	23
AA0239AA	БОГДАН А-092	23
AA0671TI	РУТА 22 інва	22

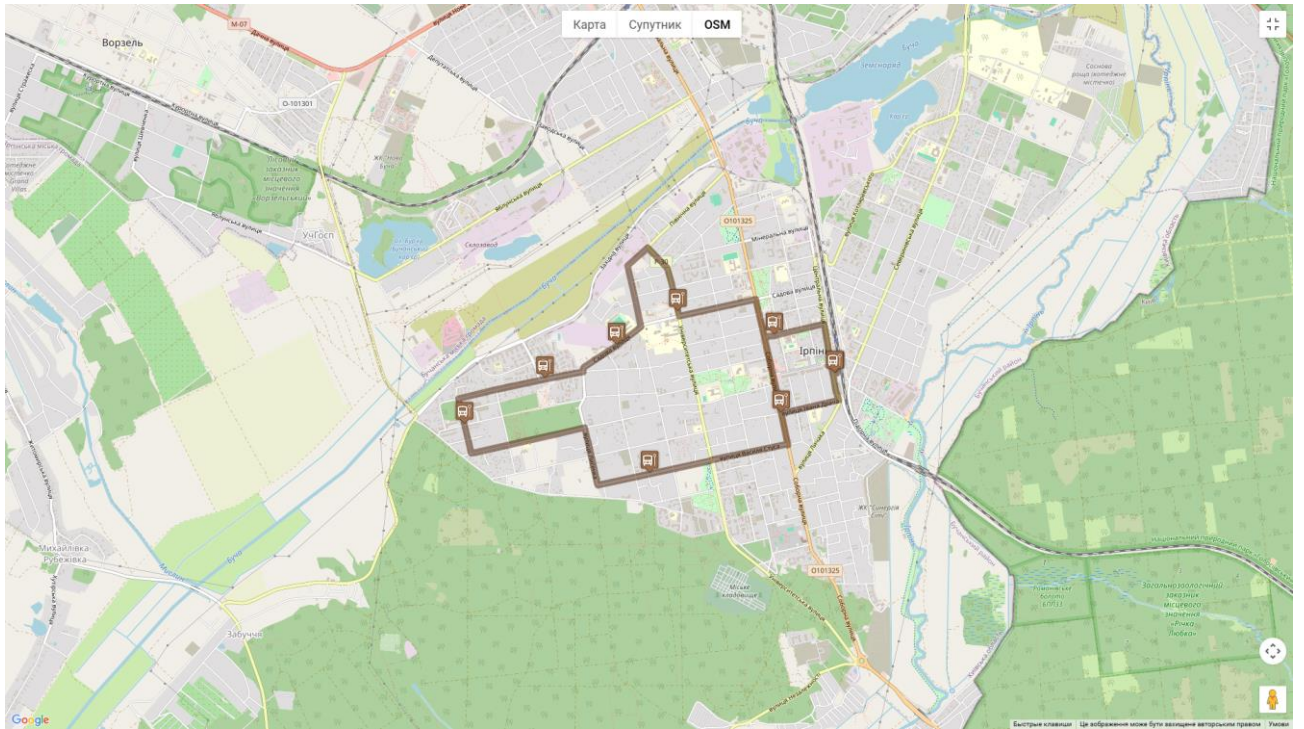
AA0672TI	РУТА 22 інва	22
AA0673TI	РУТА 22 інва	22
AA0852AA	I-VAN A07A-331	22
AA0936XA	РУТА 22 інва.	23
AA0946XA	РУТА 22 інва.	23
AA1114AA	БАЗ A079.14	19
AA2063XI	АТАМАН А-092Н6 інв.	23
AA2120OT	РУТА 22 інва	22
AA2411OT	РУТА 22 інва	23
AA2493TP	ISUZU A-091	23
AA2801TM	РУТА 22 інва	23
AA2812TM	РУТА 22 інва	23
AA2813TM	РУТА 22 інва	23
AA3621EI	БОГДАН А-09302	25
AA3751TK	РУТА 22 інва	23
AA3760TK	РУТА 22 інва	23
AA3893ЕК	РУТА 22 інв.	23
AA4105TA	РУТА 22 інва	23
AA5286PO	РУТА 22 інва	22
AA5287PO	РУТА 22 інва	22
AA5289PO	РУТА 22 інва	22
AA5316PO	РУТА 22 інва	22
AA5368PO	РУТА 22 інва	22
AA5534PO	РУТА 22 інва	22
AA5536PO	РУТА 22 інва	22
AA5963TE	БАЗ A079.04	26
AA6094MH	РУТА 23	23
AA6591PA	РУТА 22 інва	22
AA7521TP	РУТА 22 інва.	23
AA8289KT	БАЗ A079.24	30
AA8376EI	РУТА 22 інва	23
AA9065IX	БОГДАН A09202	23
AA9662OA	I-VAN A07A1-40	26
AB1073AA	БАЗ A079.04	21
AB5788CT	I-VAN A07A 1	26
AB6314CB	РУТА 22	23
AM0912BK	РУТА 23	22
AM0985AT	I-VAN A07A	26
AM4731BA	БАЗ A079.24	24
AM5837AM	БАЗ A079.25	30
AM9211CH	I-VAN A07A-1	26
AM9587AT	БАЗ A079.14	26
AH2351EA	БАЗ A079.24	29
AH3438KT	БОГДАН А-092	23
AH4534EO	I-VAN A07A-331	22

АН6086КС	I-VAN A07A-22	24
АН6557КВ	I-VAN A07A-331	22
АН9033МВ	I-VAN A07A1-30	22
АО4917ВЕ	БОГДАН А-09202	23
АР9672ЕС	I-VAN A07A1-63	27
ВК5004СЕ	I-VAN A07A1	27
ВН3768ІО	I-VAN A07A-30	22
ВН6427НР	I-VAN A07A-30	22

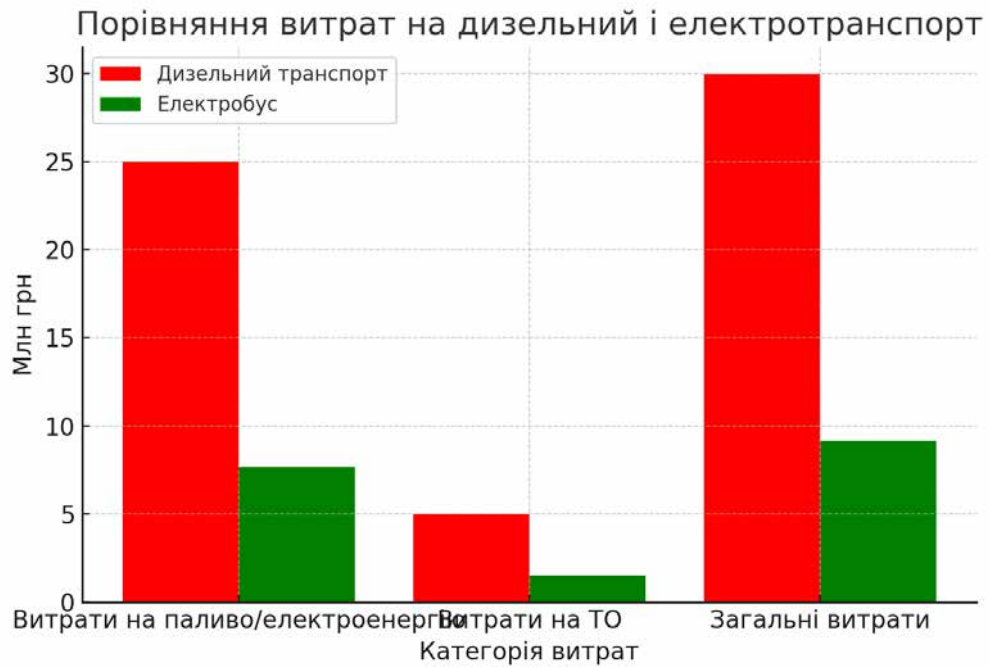
Загальна кількість автотранспортних засобів на дату внесення даних становила 165 одиниць, у тому числі 146 (88%) - мікроавтобуси, 19 (12%) - автобуси.

Додаток Г

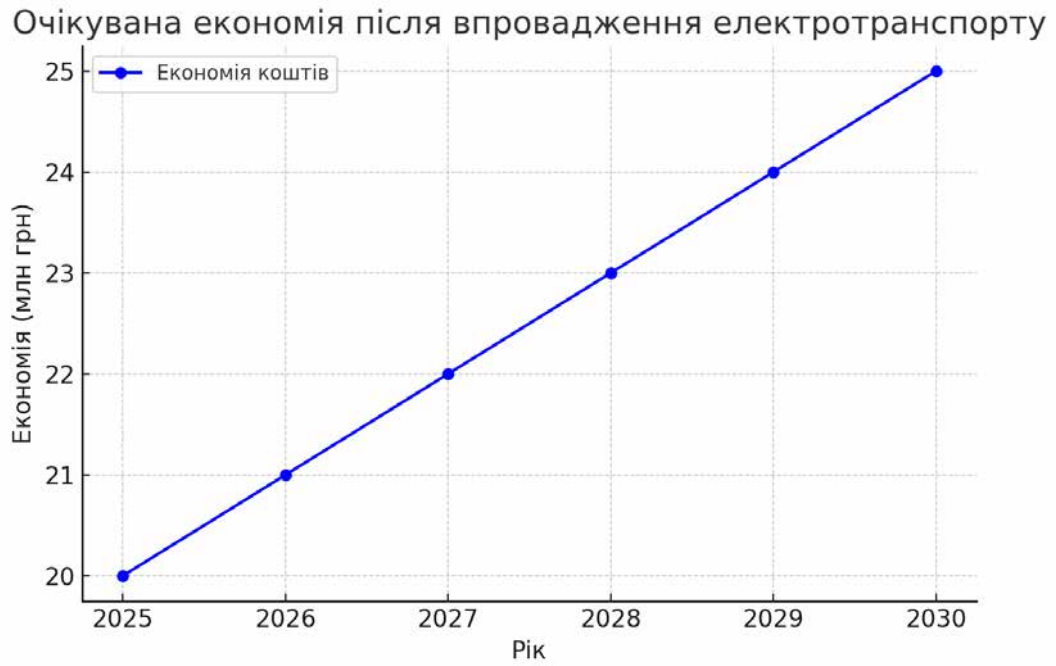
Карта маршруту МТ-7А Маршрутка Ірпінь



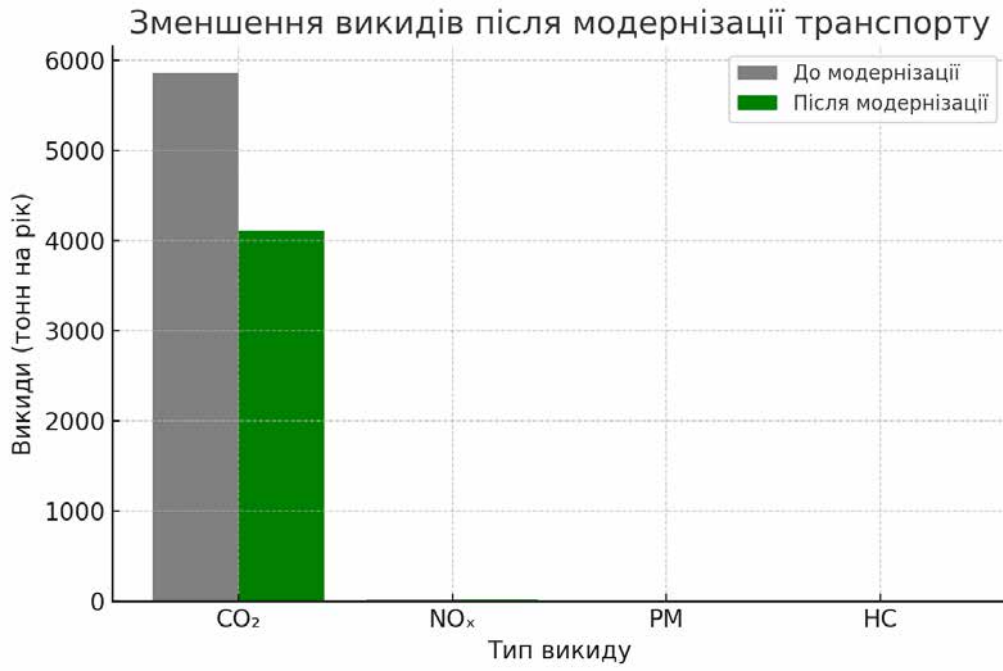
Додаток Д

Візуалізація параметрів модернізації транспорту*Порівняння витрат на дизельний і електротранспорт*

Додаток Е

Очікувана економія після впровадження електротранспорту

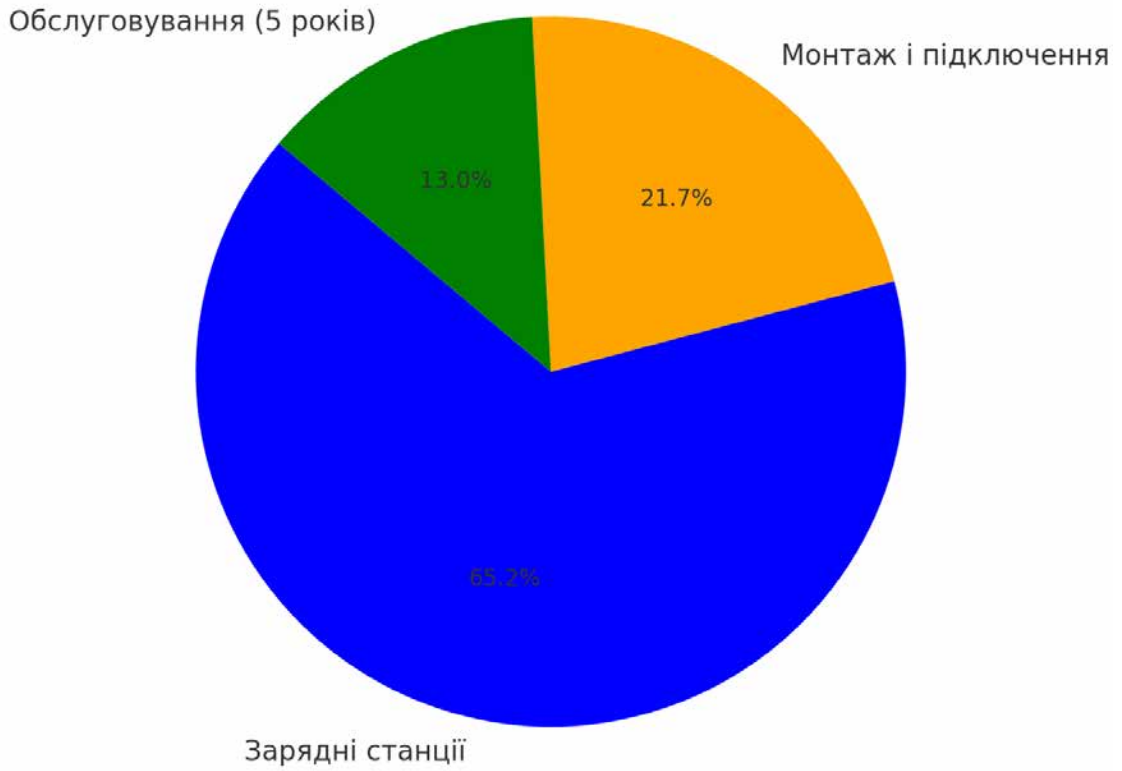
Додаток Ж

Зменшення викидів після модернізації транспорту

Додаток 3

Структура витрат на зарядну інфраструктуру

Структура витрат на зарядну інфраструктуру



Додаток І



Еталон 12



ЛАЗ А183 або СітіЛАЗ-12

Ілюстрація до концепцій екологічного транспорту, що зменшує аварійність

