



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ



КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Оптимізація пасажирських перевезень на маршрутах
транспортної мережі м. Кропивницький, з урахуванням
екологічного фактору у ПП "Олікс" м. Кропивницький»

Виконав:

магістрант групи ТТ-21М
(шифр групи)

(підпис)

Артур МАРКУШИН
(ім'я та прізвище)

Керівник:

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Дмитро ГОЛУБ
(ім'я та прізвище)

Консультант з охорони праці та цивільного захисту:

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Олег БЕВЗ
(ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Сергій МАГОПЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2022 р.

Рецензент:

_____,
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2022 р.

Кропивницький – 2022 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Освітньо-професійна програма: «Транспортні технології (автомобільний транспорт)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Маркушину Артуру Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Оптимізація пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі м. Кропивницький, з урахуванням екологічного фактору у ПП "Олікс" м. Кропивницький»

керівник роботи Голуб Дмитро Вадимович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» 08 2022 року №29-13

2. Строк подання здобувачем роботи «30» листопада 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали науково-дослідної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 РОЗДІЛ 1. Проаналізувати міські пасажирські перевезення з урахуванням охорони навколишнього середовища. Виконати порівняльний аналіз використання транспортних засобів з ДВЗ і тролейбусів з динамічною підзарядкою. Здійснити аналіз міської пасажирської транспортної системи м. Кропивницький.

4.2 РОЗДІЛ 2. Здійснити оптимізація пасажиропотоку на маршрутній мережі міста з метою укорочення деяких маршрутів. Запропонувати математичну модель організації пасажирських перевезень в місті з урахуванням екологічного фактору. Розробити модель вибору транспортних засобів із зазначенням необхідного рівня якості перевезень.

4.3 РОЗДІЛ 3. Запропонувати методику дослідження вмісту шкідливих речовин відпрацьованих газів транспортних засобів на маршруті міста. Розробити метод управління пасажиропотоком з поліпшенням екологічної обстановки в місті режимом "зелена хвиля". Запропонувати методика вибору більш екологічного виду транспорту та транспортних засобів на міських пасажирських перевезеннях

4.4 РОЗДІЛ 4 Отримати результати експериментальних досліджень складу відпрацьованих газів транспортних засобів на різних маршрутах міста Кропивницький. Проаналізувати управління інтенсивністю рухом на маршрутах міста на основі створення режиму "зелена хвиля". Дослідити переваги тролейбусів з динамічною підзарядкою у порівнянні з транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання. Обґрунтувати збільшення об'єму перевезень пасажирів тролейбусами з динамічною підзарядкою. Дати техніко-економічне обґрунтування використання тролейбусів з динамічною підзарядкою в міській мережі для перевезення пасажирів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу . на 12 слайдах _____

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1	15.10.2022	
2	РОЗДІЛ 2	29.10.2022	
3	РОЗДІЛ 3	11.10.2022	
4	РОЗДІЛ 4	25.10.2022	
5	Ілюстративний матеріал	30.11.2022	

Магістрант _____
(підпис)

Артур МАРКУШИН _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дмитро ГОЛУБ _____
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу. Пояснювальна записка містить 64 сторінок тексту, формату А4, 20 рисунків, 9 таблиць. Ілюстративний матеріал містить 12 слайдів.

Мета дослідження: використовуючи метод оптимізації пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі міста Кропивницького обґрунтувати вибір екологічного транспорту і транспортних засобів.

Об'єктом дослідження є оптимізація пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі міста Кропивницького.

Предметом дослідження є вибір більш екологічного виду транспорту та транспортних засобів на міських пасажирських перевезеннях із забезпеченням режиму "зелена хвиля".

В роботі проаналізовано ступінь забруднення на маршрутах міста Кропивницький автобусів MA3-203 і MA3-206. Актуальність виконаного дослідження відповідає тренду на оздоровлення екологічної ситуації міста. Основним шляхом зменшення шкоди від вихлопних газів це застосування тролейбуса з динамічною підзарядкою.

Проведене порівняння альтернативних видів міського пасажирського транспорту показало, що застосування тролейбуса з динамічною підзарядкою доцільно з точки зору меншої собівартості, а також економії за рахунок паливної складової (під час руху на безконтактній ділянці мережі).

У процесі впровадження на міських маршрутах тролейбусів з динамічною підзарядкою вирішуються такі стратегічні завдання для міської агломерації: створюється технічна база для організації бездротового руху тролейбуса міськими маршрутами; на тролейбусах формується система обладнання для підзарядки та руху в автономному режимі незалежно від контактної мережі; сфера застосування таких тролейбусів, хоча в даний час і обмежена відсутністю інфраструктури (зарядних пунктів), але може знайти

розширене застосування за умови створення мережі зарядних пунктів на території міських агломерацій на існуючих та перспективних маршрутах міського тролейбусного транспорту.

Запропоновані в результаті дослідження рекомендації щодо формування алгоритму вибору та покрокової інструкції процедури порівняння виду транспорту, що відрізняються комплексним підходом до оцінки показників експлуатації та апробовані на прикладі реального міського маршруту, надають методичний інструментарій менеджерам транспортних управлінь та підприємств для обґрунтування прийнятих рішень щодо альтернативних видам транспорту, економічним та нешкідливим до навколишнього середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: пасажирські перевезення; транспортна мережа; екологічний фактор; тролейбус з динамічною підзарядкою; оптимізація; транспортний засіб; режим "зелена хвиля".

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА З УРАХУВАННЯМ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ.....	
1.1 Аналіз міських пасажирських перевезень з урахуванням охорони навколишнього середовища.....	
1.2 Порівняльний аналіз використання транспортних засобів з ДВЗ і тролейбусів з динамічною підзарядкою.....	
1.3 Аналіз міської пасажирської транспортної системи м. Кропивницький.....	
Висновки до першого розділу, мета і завдання дослідження.....	
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВРАХУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ФАКТОРУ В ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА.....	
2.1 Оптимізація пасажиропотоку на маршрутній мережі міста з метою укорочення деяких маршрутів.....	
2.2 Математична модель організації пасажирських перевезень в місті з урахуванням екологічного фактору.....	
2.3 Модель вибору транспортних засобів із зазначенням необхідного рівня якості перевезень	
Висновки по другому розділу.....	
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА.....	
3.1 Методика дослідження вмісту шкідливих речовин відпрацьованих газів транспортних засобів на маршруті міста.....	
3.2 Метод управління пасажиропотоком з поліпшенням екологічної обстановки в місті режимом "зелена хвиля".....	

3.3	Методика вибору більш екологічного виду транспорту та транспортних засобів на міських пасажирських перевезеннях.....
	Висновки до третього розділу.....
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА	
ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ.....	
4.1	Результати експериментальних досліджень складу відпрацьованих газів транспортних засобів на різних маршрутах міста Кропивницький....
4.2	Управління інтенсивністю рухом на маршрутах міста на основі створення режиму "зелена хвиля"
4.3	Результати дослідження переваг тролейбусів з динамічною підзарядкою у порівнянні з транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання.....
4.4	Збільшення об'єму перевезень пасажирів тролейбусами з динамічною підзарядкою.....
4.5	Техніко-економічне обґрунтування використання тролейбусів з динамічною підзарядкою в міській мережі для перевезення пасажирів.....
	Висновки до четвертого розділу.....
	ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ВСТУП

Рівень розвитку та якісного функціонування міського пасажирського транспорту значно впливає на внутрішньополітичну та соціальну стабільність суспільства, що ставить підвищені вимоги до цієї сфери здійснення виробничої діяльності. Основним видом міського пасажирського транспорту є автобусний транспорт. Він здатний щодня забезпечити необхідну мобільність громадян у повному обсязі та високій якості, тому вдосконалення його роботи має пріоритетне значення,

Особливо це стосується впливу його екологічних показників на забрудненість навколишнього середовища міста та на конкретних ділянках його маршрутної мережі.

У ході всебічного обстеження було виявлено багато проблем, що впливають на якість та ефективність автобусного обслуговування пасажирів. Деякі їх відзначимо: відсутність єдиного центру управління, що забезпечує контроль та регулювання роботою автобусного парку; велика кількість комерційних автобусів створила проблему невідповідності реальним умовам параметрів вулично-дорожньої мережі та пунктів зупинки.

Наслідком цього стали черги автобусів на зупинках та збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. Зупиночні пункти та ділянки вулично-дорожньої мережі, що примикають до них, стали осередком аварійності та сприяють виникненню заторів.

Недостатність методів у сфері організації автобусних перевезень та прийняття рішень у їхньому управлінні викликає необхідність проведення комплексних досліджень із застосуванням економіко-математичних методів та з урахуванням екологічного чинника. Виявляється також необхідність вибору екологічного транспорту і транспортних засобів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА З УРАХУВАННЯМ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

1.1 Аналіз міських пасажирських перевезень з урахуванням охорони навколишнього середовища

Міський пасажирський транспорт замає важливе місце в економіці України. Щорічно даним видом транспорту в нашій країні перевозиться близько 75% пасажирів. В Україні, як і в усьому світі, в останній час відбувається концентрація населення у великих містах та мегаполісах. Вивчення зарубіжного та вітчизняного досвіду транспортного обслуговування міських пасажиропотоків показує різноманіття рішень щодо зменшення впливу на довкілля різних видів транспорту.

Розглядаючи питання про економічність та зниження вартості експлуатації громадського транспорту у великих містах та мегаполісах, що мають достатню енергетичну базу, удосконалені дороги та відносно легкий профіль шляху, актуальним буде використовувати тролейбуси з динамічною підзарядкою, ніж міські автобуси. У порівнянні з автобусом тролейбус не забруднює атмосферу, дешевше в експлуатації, має менший рівень шуму і, як правило, більшу місткість.

Дослідження вітчизняного та зарубіжного досвіду застосування альтернативних видів транспорту послужило підставою для формування моделі покрокового процесу порівняння ефективності експлуатації тролейбуса з динамічною підзарядкою та автобуса, що містить визначення ключової мети, завдань, методів, результатів як основи ухвалення рішення про перспективність цього виду транспорту міст (табл. 1.1). Покрокова інструкція процедури порівняння відрізняється комплексним підходом оцінки показників експлуатації.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика ефективності експлуатації тролейбуса з динамічною підзарядкою і автобусу міського типу.

Крок 1	Мета: визначення заходів та механізму їх реалізації для вирішення багатосторонніх цілей та проблем у системі "транспорт-довкілля-населення" за допомогою порівняння та вибору ефективного для населення та навколишнього середовища виду міського транспорту.
Крок 2	Завдання: - формування бережливого ставлення до довкілля як однієї з найважливіших вимог до мобільності нашого суспільства; - дослідження подальшої підвищення моторизованості мобільності, результатом якої є зниження впливу на довкілля; - зменшення небезпеки негативного структурного впливу на населення та економіку, втрати якості життя в містах як результат розвитку моторизації; - накопичення та застосування поглиблених знань про проблему довкілля; - формування більш свідомого ставлення до довкілля; - розробка високих вимог щодо стандарту якості на транспорті.
Крок 3	Методи: індексний, порівняння, аналітичних розрахунків, аналізу динамічних рядів
Крок 4	Процедура порівняння варіантів міського транспорту транспортних засобів
Крок 5	Вибір ефективного виду міського транспорту та транспортних засобів, нешкідливих до довкілля

Цільова установка сформульована таким чином, щоб процес порівняння та вибору ефективного для населення та навколишнього середовища виду міського транспорту завершився визначенням заходів та механізму їх реалізації для вирішення багатосторонніх цілей та проблем у системі "транспорт-довкілля-населення".

Завдання, поставлені для досягнення мети у системі "транспорт-довкілля-населення", мають загальний системний характер, проте вони вирішуються в контексті даного дослідження за рахунок вибору та експлуатації ефективного виду міського транспорту.

Вибір методів вирішення завдань обумовлений необхідністю акцентування уваги на економічному аспекті реалізації перерахованих завдань у системі "транспорт-довкілля-населення", спрямованих на покращення основних результатів діяльності транспортних підприємств, підвищення їх прибутку, рентабельності та конкурентоспроможності. Це відбувається за рахунок розробки для кожної з підсистем "транспорт-довкілля-населення" специфічних заходів: виявлення невикористаних резервів у ресурсозабезпеченні (транспорт), збереження необхідного рівня ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища (довкілля), підвищення якості транспортного обслуговування як соціальний аспект (населення).

1.2 Порівняльний аналіз використання транспортних засобів з ДВЗ і тролейбусів з динамічною підзарядкою

Проведення дослідження альтернативних видів міського транспорту пов'язане з технічними областями, в рамках яких має встановлюватися, що за всіх зусиль зі зниження споживання енергії автомобілями не можна вже більше вважати це зниження як "революцію". Аналогічно щодо зменшення емісії. Після значних успіхів минулих десятиліть попереду очікуються лише дуже невеликі покращення. Також альтернативні приводи автомобілів поки що найближчим часом не будуть надані. До цього здійснювались спроби їх продемонструвати, проте виявилось, що нові приводи все ж таки дорожчі або недостатньо потужні. ДВЗ – малоймовірно можуть бути замінені в найближчому майбутньому.

Щодо нових перспектив для міського транспорту, то дослідження

проблеми застосування альтернативних видів палива на міських автобусах є доцільним з погляду економічності та екологічності. На основі багаторічних пошуків та накопиченого досвіду експлуатації автобусів, що працюють на різних видах палива, фахівці різних країн зробили висновки щодо результатів порівняльної експлуатації із застосуванням таких характеристик як витрата палива, запас ходу в кілометрах, коефіцієнт прискорення, пуск, шумність, вміст CO, вміст NO, собівартість тощо. Тим не менш, сучасні умови міського середовища диктують необхідність подальшого пошуку альтернатив за видами транспорту, що актуалізує дослідження у сфері порівняння та економічного обґрунтування вибору електротранспорту або гібридного транспорту, а також транспорту, що використовує ресурси альтернативної енергетики.

Проводиться комплексний порівняльний аналіз тролейбуса з динамічною підзарядкою як екологічного, перспективного виду транспорту та автобуса міського типу.

При виборі виду транспорту слід розглядати питання щодо екологічності та зниження вартості експлуатації громадського транспорту у містах, що мають достатню енергетичну базу, сучасні дороги, та вибір здійснювати на користь тролейбусів, ніж міських автобусів. Це твердження аргументуємо наступними даними.

Тролейбус доцільно використовувати на лініях зі стійкими пасажиропотоками не нижче 2–2,5 тис. пасажирів на годину як основний, так і допоміжний вид транспорту. У порівнянні з автобусом тролейбус не забруднює атмосферу, дешевше в експлуатації, має менший рівень шуму і, як правило, більшу місткість.

Проте спорудження контактної мережі потребує певних витрат, вона захаращує вулиці та погіршує їхній вигляд, зв'язок з контактною мережею обмежує маневреність та не дозволяє здійснювати роботу рухомого складу з різними режимами руху.

У тролейбусі поєднуються конструктивні елементи та агрегати

рухомого складу автомобільного типу та електричних залізниць. Ходова частина, тягова передача та частково органи керування однотипні з обладнанням автобусів. Тяговий електродвигун, система електричного керування та електроапаратура мають багато спільного з електрообладнанням рухомого складу електричних залізниць. Поєднуючи в собі основні переваги трамвая та автобуса, тролейбус є однією з економічних електричних систем громадського транспорту. Сучасні тролейбуси передбачають можливість руху автономно, з опущеними струмоприймачами до 40 кілометрів, що з урахуванням демонтажу контактних мереж у центральних частинах міст у рамках програми "чисте небо". Рішення на користь тролейбуса відповідає і загальносвітовій тенденції переходу на екологічні види міського транспорту та пояснюється таким.

Однією з актуальних проблем міст, є транспортне забезпечення населення пасажирськими перевезеннями.

Проведений економічний аналіз експлуатації пасажирського транспорту у містах свідчить про те, що для якісного здійснення перевезень, крім рухомого складу, потрібна відповідна інфраструктура, формування якої ускладнилося у зв'язку з переходом на ринкові відносини. На пасажирському транспорті відбулися значні організаційні зміни, які безпосередньо вплинули на ефективність експлуатації (приватизація, розукрупнення автотранспортних підприємств, зросла конкуренція перевізників тощо). До того ж, подорожчання ресурсів для експлуатації транспортних засобів.

Усі ці зміни у сфері експлуатації автомобілів зумовили поділ сфери перевезень та сфери забезпечення працездатності автомобілів. Це призвело до розширення попиту на послуги централізованих спеціалізованих виробництв, як підприємств, здатних з мінімально можливими витратами забезпечити необхідний споживачеві рівень якості технічних впливів, а також підвищити безпеку дорожнього руху, що є особливо актуальним для пасажирського транспорту. Важливу проблему становить забруднення повітря вихлопними газами автотранспортних засобів.

Для вирішення цієї проблеми проводиться в усьому світі науковий та практичний пошук альтернативних видів палива та видів міського пасажирського транспорту, дружнього до навколишнього середовища. Накопичений зарубіжний та вітчизняний досвід відноситься в основному до електромобілів. Однак масовий перехід на цей вид міського пасажирського транспорту стримується необхідністю вирішення іншої проблеми: створення адекватної інфраструктури, зокрема електрозарядних станцій, що, своєю чергою, упирається у проблему фінансування інвестицій в інфраструктурні об'єкти. Порівняно новим рішенням є використання альтернативного міським автобусам виду транспорту – тролейбуса з динамічною підзарядкою, введення якого в експлуатацію, як буде далі обґрунтовано, не потребує значних капітальних витрат, якщо контактні мережі вже існують. Тролейбус як вид міського транспорту використовується у великих містах, характеризується позитивним розвитком та останніми роками стабільністю транспортних ліній порівняно з іншими видами міського електротранспорту (в даному випадку з трамваєм), що підтверджено рядами динаміки (рис. 1.1).

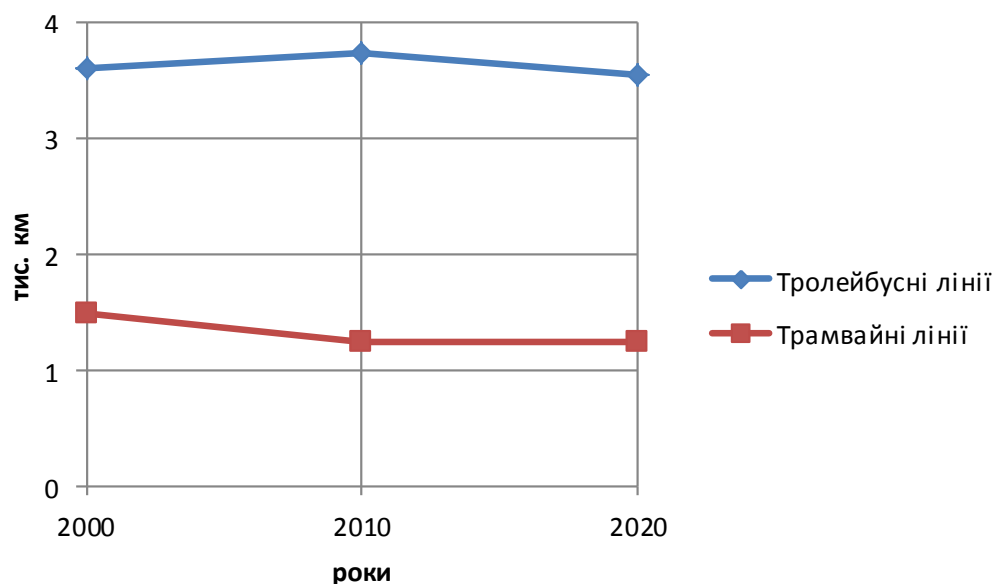


Рисунок 1.1 – Експлуатаційна довжина шляхів загального сполучення загального користування на кінець року для тролейбусних та трамвайних мереж

1.3 Аналіз міської пасажирської транспортної системи м. Кропивницький

«Автомобільний транспорт – галузь транспорту, яка забезпечує задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів автомобільними транспортними засобами. Серед всіх видів транспорту автомобільний за обсягами перевезень, масштабами впливу на майже всі аспекти нашого життя є домінуючим. У свою чергу, електричний транспорт – складова частина єдиної транспортної системи, призначена для перевезення громадян тролейбусами відповідно до вимог життєдіяльності населених пунктів. Як окрема галузь транспорту, її розвиток передбачає реалізацію засад державної політики у сфері міського електротранспорту, підвищення ефективності і надійності функціонування електротранспорту відповідно до встановлених нормативів і стандартів.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430-р, передбачено зростання частки використання електротранспорту та електромобілів, зокрема, доведення частки електротранспорту у внутрішньому сполученні до 75% у 2030 році, що орієнтовно становить зростання частки енергоефективного електричного транспорту на 7,5% щорічно.

У галузі пасажирських перевезень головним завданням вважається вдосконалення існуючої транспортної мережі, приведення обсягів руху пасажирського транспорту відповідно до потреб населення у перевезеннях, облаштування зупинок транспортних засобів на вулицях міста. Надання пасажирам надійних і якісних послуг міським пасажирським транспортом має велике соціальне значення та забезпечує зручний доступ до місця роботи, сфери обслуговування, до освітніх та культурних закладів. Потреба в поліпшенні якості послуг, що надаються всіма видами громадського транспорту міста, необхідність розвантаження пасажиропотоків у місцях з

інтенсивним рухом транспорту вимагає зміни концепції подальшого розвитку пасажирського транспорту з орієнтацією на світові принципи і стандарти.

Ефективна організація управління міським пасажирським транспортом повинна бути орієнтована на врахування інтересів пасажирів, підприємств-перевізників і підвищення рівня якості транспортних послуг. Концепція побудови автоматизованої системи обліку оплати проїзду в наземному громадському транспорті в м. Кропивницькому ґрунтується на результатах впровадження подібних систем в інших містах та вивченнях передового міжнародного досвіду в цій галузі.

За статистичними даними, станом на 01.07.2020 чисельність населення міста складає 228,9 тис. осіб, для задоволення потреб якого в пасажирських перевезеннях створена мережа міських маршрутів, яка сформована з 48 автобусних та 9 тролейбусних маршрутів. На вказаних маршрутах транспортні засоби працюють у звичайному режимі руху та режимі маршрутного таксі і здійснюють перевезення пільгових категорій пасажирів. Щоденний обсяг перевезень автомобільним транспортом загального користування у м. Кропивницькому складає 202 тис. пасажирів. Для обслуговування автобусної маршрутної мережі використовуються в середньому 370 автобусів: 20 – великої місткості, 27 – середньої місткості та 323 мікроавтобуси. Для перевезення осіб з обмеженими фізичними можливостями задіяно 66 одиниць транспортних засобів».

Що стосується електричного транспорту, а саме використання тролейбусів, то на сьогодні існують одночасно маршрути по яких курсують звичайні тролейбуси, так і маршрути по яких курсують тролейбуси з динамічною підзарядкою (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Перелік тролейбусних маршрутів в місті Кропивницький

№	Початковий пункт	Кінцевий пункт	Примітки
1	101-й мікрорайон	Лісопаркова	тролейбус
4	Вулиця Космонавта Попова	Лісопаркова	тролейбус
5	Промисловий проспект	Залізничний вокзал	тролейбус з динамічною підзарядкою
7	Вулиця Генерала Жадова	Лелеківка	тролейбус з динамічною підзарядкою
7А	Вулиця Генерала Жадова	Лелеківка	тролейбус з динамічною підзарядкою
8	Вулиця Генерала Жадова	Онкодиспансер	тролейбус
9	Вулиця Генерала Жадова	Залізничний вокзал	тролейбус
10	Вулиця Генерала Жадова	Лісопаркова	тролейбус
10А	Лісопаркова	Залізничний вокзал	тролейбус з динамічною підзарядкою
11	Автовокзал №1	Селище Нове	тролейбус з динамічною підзарядкою

В місті Кропивницький використовується такий наявний діючий рухомий склад транспортних засобів, який складається з 51-го тролейбусу (табл. 1.3).

Країна походження	Підприємство виробник	Модель транспортного засобу	Кількість транспортних засобів
Україна	Південмаш	Дніпро Т203	21
Білорусь, Україна	МАЗ / Південмаш	Дніпро Т103	20
Україна	Південмаш	ЮМЗ Т2	6
Радянський союз	Завод ім. Урицького	ЗіУ-682	4

З таблиці 1.3, можна бачити, що основним рухомим складом міста Кропивницький є тролейбуси "Дніпро Т103" і "Дніпро Т203".

Загальний вид цих тролейбусів наведено на рис. 1.2, а технічні

характеристики в табл. 1.4 і 1.5.



а

б

Рисунок 1.2 – рухомий склад м. Кропивницький тролейбуси: а – "Дніпро Т103"; б – "Дніпро Т203"

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики тролейбуса "Дніпро Т103"

Проект, р	2013
Випускався, рр	з 2013
Екземпляри	62
Розміри	
Довжина	12160 мм
Ширина	2500 мм
Висота	2890 мм
База	6140 мм
Кліренс	125 мм
Маса без пасажирів	11200 т
Повна маса	18000 т
Макс.швидкість при повному завантаженні	65 км/год
Макс.швидкість при пустому салоні	65 км/год
Розгін 0—50 км/год за	22 с
Місткість	
Місць для сидіння	25
Нормальна місткість (5 чоловік/м²)	100
Повна місткість (8 чоловік/м²)	100
Двигун	
Назва двигуна	Асинхронний трифазний змінного струму.
Керування	Тяговий частотний інвертор виробництва «Чергос»
Потужність	170 кВт
Робоча напруга	600 Вольт

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики тролейбуса "Дніпро Т203"

Випускався, рр	з 2017
Екземпляри	219 ^[1]
Розміри	
Довжина	12 200 мм
Ширина	2 500 мм
Висота	3 500 мм
База	6 140 мм
Кліренс	125 мм
Маса без пасажирів	11,2 т
Повна маса	18 т
Макс.швидкість при повному завантаженні	65 км/год
Макс.швидкість при пустому салоні	65 км/год
Розгін 0—50 км/год за	22 сек
Місткість	
Місць для сидіння	31
Нормальна місткість (5 чоловік/м ²)	100
Повна місткість (8 чоловік/м ²)	до 107
Двигун	
Назва двигуна	невідомо
Потужність	180 кВт
Робоча напруга	600 Вольт

Тролейбус "Дніпро Т203" має опцію автономного ходу до 20 км від літій-іонної батареї GMI на 100 А·год, при номінальній напрузі 550 В. Час зарядки від контактної мережі становить до 40 хвилин. Маса секції АКБ з 160 батарей – 576 кг. Тролейбус може комплектуватись системою кондиціонування як в кабіні водія, так і в салоні. Для зручності пасажирів на інвалідних візках наявна відкидна апарель, яка розташована на середніх дверях (відкидається лише вручну).

Також в місті Кропивницький також у якості рухомого складу використовують сучасні автобуси МАЗ-203 і МАЗ-206. Вони курсують по маршрутах міста де відсутня контактна мережа для тролейбусів. Їх маршрути наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Перелік автобусних маршрутів в місті Кропивницький

№	Початковий пункт	Кінцевий пункт	Примітки
46	селище Гірниче	Новомиколаївка	МАЗ-206
103	вул. Генерала Кульчицького	вул. Кільцева	МАЗ-203
104А	пл. Богдана Хмельницького	Критий ринок	МАЗ-206
111	м/н Стара Балашівка	Центр	МАЗ-203
114	вул. Кільцева	м/н Никанорівка	МАЗ-206
116	селище Молодіжне	м/н Никанорівка	МАЗ-203
118	м/н Велика балка	Центр	МАЗ-206
123	ТЕЦ	м/н Завадівка	МАЗ-206
130А	м/н Катранівка	м/н Лелеківка	МАЗ-206
274	пл. Богдана Хмельницького	селище Нове	МАЗ-203

Загальний вид цих автобусів наведено на рис. 1.3, а технічні характеристики в табл. 1.7 і 1.8.



а



б

Рисунок 1.3 – рухомий склад міста Кропивницький автобуси: а – МАЗ-203;

б – МАЗ-206

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики автобуса МАЗ-203

Модель	МАЗ 203
Клас	міський автобус
Виробник	МАЗ
Випускається з,	2006 (2005 проект)
Габаритні розміри	
Довжина, мм	12000
Ширина, мм	2550
Висота, мм	2950 (3050 з встановленим кондиціонером)
Передній звис, мм	2700
Задній звис, мм	3400
Поворотний діаметр, не менше, метри	11.2
Колісна база, мм	5900
Дорожній просвіт, мм	(250) регулюється (кнілінг)
Кут з'їзду/виїзду, °	7/7
Споряджена маса, кг	11100
Повна маса, кг	18000
Двигун і динамічні характеристики	
Тип палива	дизель
Тип двигуна	дизельний чотиритактний
Марка двигуна (для конкретно цієї модифікації)	Deutz TCD 2013 LO6 (Euro-3) Mercedes-Benz OM906 LAIII (Euro-3, Euro-4)
Потужність, кіловат	170 (Deutz) 205 (Mercedes)
Місткість паливного бака, літри	250
Кількість циліндрів, шт	6
Робочий об'єм, см ³	6370
Норми викидів	Euro-3 або Euro-4
Максимальна швидкість руху, км/год	88—105 (залежно від двигуна)

Таблиця 1.8 – Технічні характеристики автобуса МАЗ-206

Характеристики маси	
Маса у спорядженому стані, т	13,2
Швидкісні характеристики	
Максимальна швидкість, км/год	90
Місткість, осіб	
Місць для сидіння:	25
Повна місткість (8 осіб/м ²)	72
Розміри	
Довжина, мм	8650
Ширина, мм	2550
Висота, мм	2930
Колісна база, мм	4270
Двигун	
Тип двигуна	Напівнизькопідлоговий середньої місткості
Назва двигуна	Mercedes-Benz OM 904LA
Потужність, кВт	130 (177 к.с.)
Коробка передач	
Тип КПП	ZF 6HP 504C, ZF 6S700 BO

В місті Кропивницький пасажирське перевезення здійснюється, як по тролейбусним маршрутам (рис. 1.3) так і по автобусним (рис. 1.4).

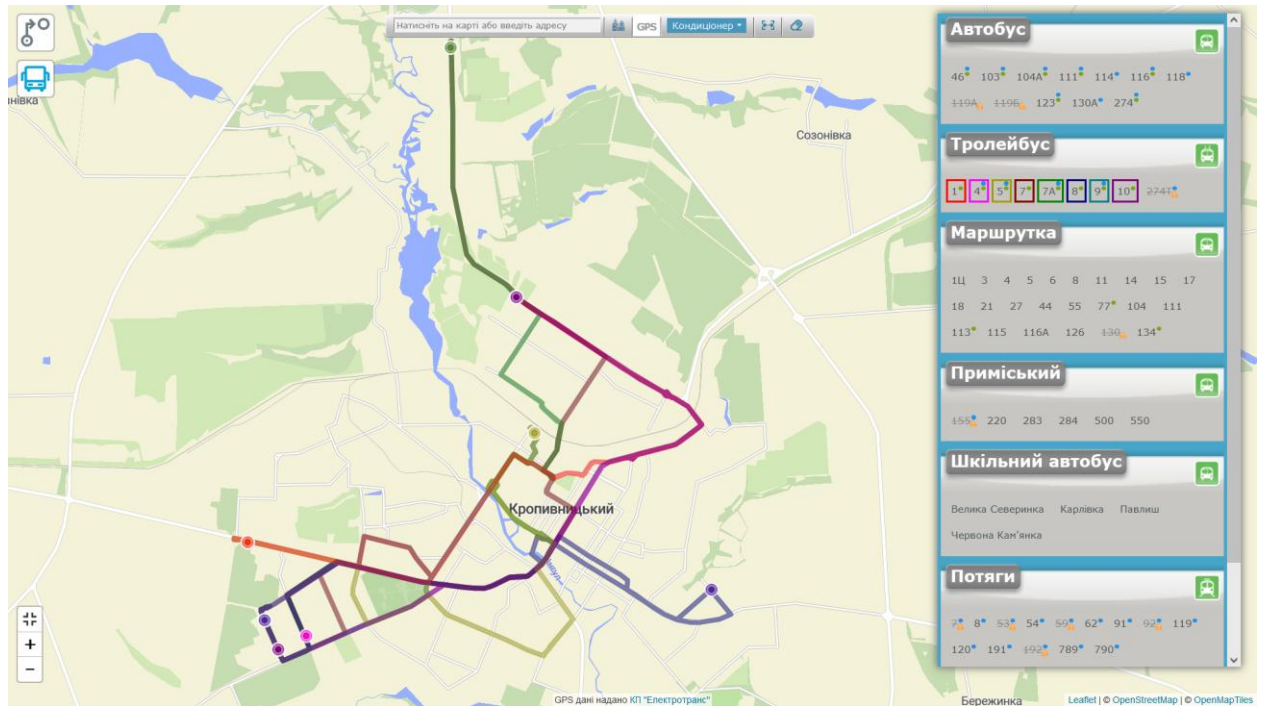


Рисунок 1.4 – Мережа тролейбусних маршрутів м. Кропивницький

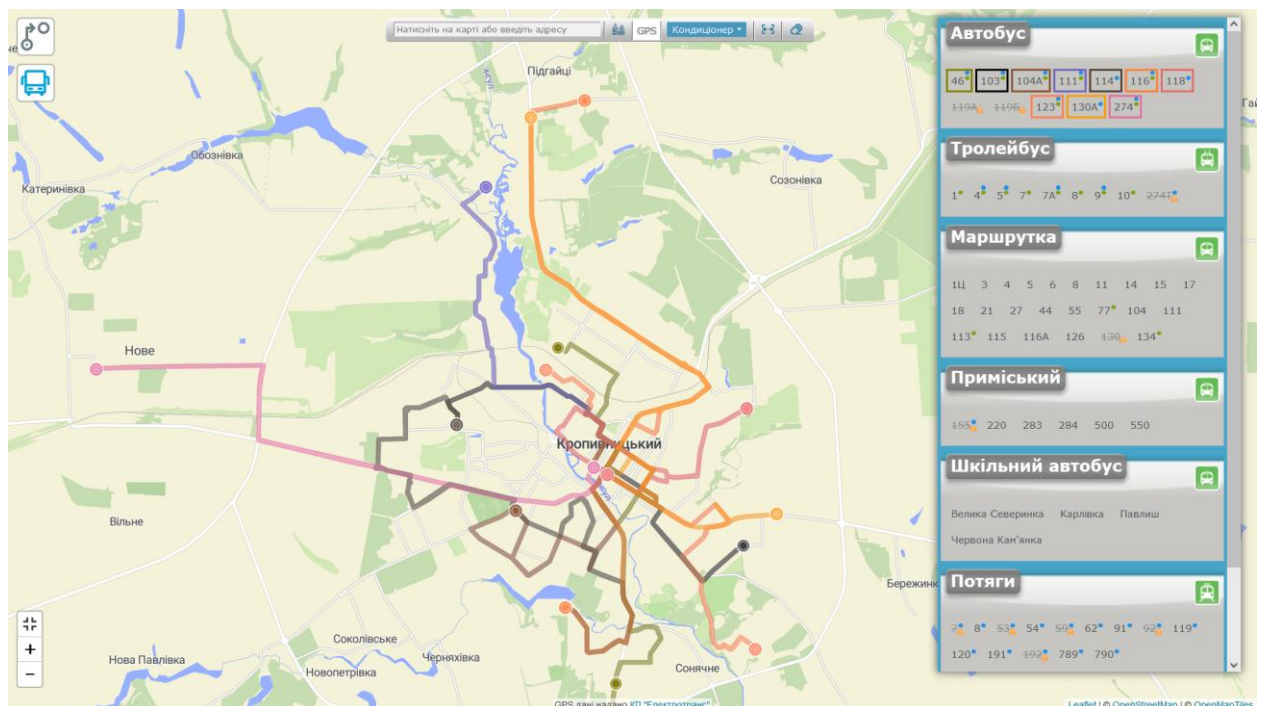


Рисунок 1.5 – Мережа автобусних маршрутів м. Кропивницький

Висновки до першого розділу, мета і завдання дослідження

Аналіз літературних даних по темі магістерської роботи " Оптимізація пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі м. Кропивницький, з урахуванням екологічного фактору у ПП "Олікс" м. Кропивницький ", дає можливість зробити наступні висновки:

1. Транспортні засоби, обладнанні бензиновими та дизельними двигунами свідчать про те, що вони істотно забруднюють навколишнє середовище міста на ділянках маршрутної мережі.

2. На практиці впроваджено ряд заходів, які зменшують плив транспортних засобів на екологічний стан міста, але більш ефективно використовувати транспортні засоби, що живляться від електрики: трамваї, тролейбуси, електромобілі.

3. На увагу заслуговує тролейбус з динамічною підзарядкою, порівняльна характеристика ефективності якого в експлуатації дана у порівнянні з автобусом міського типу.

4. В літературі розглянуто вибір методів вирішення завдань системи "транспорт-довкілля-населення" з акцентом уваги на економічному та екологічному аспектах із розглядом ефективності підсистем даної системи.

5. Проаналізовані можливості транспортної системи і мережі міста Кропивницький та парку рухомого складу, який здійснює перевезення пасажирів.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в наступному:

- враховуючи характеристики транспортних засобів та маршрутів міської мережі теоретично здійснено оптимізацію пасажиропотоків;
- виявлено вплив екологічних факторів на обсяг пасажиропотоку;
- показано як можливо управляти пасажиропотоками на маршрутній мережі міста.

Практична цінність роботи визначає наступне:

- розроблена методика управління пасажиропотоком на маршрутній

мережі міста з урахуванням екологічного фактору;

- розроблено ряд заходів, які зменшують вплив транспортних засобів на навколишнє середовище міста. Вибір транспортних засобів здійснено на користь тролейбусів з динамічною підзарядкою.

Метою магістерської роботи є використовуючи метод оптимізації пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі міста Кропивницького обґрунтувати вибір екологічного транспорту і транспортних засобів.

Для реалізації мети магістерській роботи розв'язувались наступні завдання:

- з'ясування стану питання оптимізацією пасажирських перевезень на маршрутах транспортної мережі міста з урахуванням екологічних факторів;
- теоретично обґрунтувати врахування екологічного фактору в оптимізації пасажирських перевезень на маршрутній мережі міста;
- розробити методику експериментальних досліджень екологічних факторів на маршрутній мережі міста;
- провести експериментальні дослідження зменшення впливу транспортних засобів на екологічний стан міста Кропивницький;
- розробити заходи та оцінити їх техніко-економічну ефективність.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВРАХУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ФАКТОРУ В ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

2.1 Оптимізація пасажиропотоку на маршрутній мережі міста з метою укорочення деяких маршрутів

Розглянемо оптимальну організацію пасажирських перевезень на кільцевому маршруті. Оскільки одним із базових елементів будь-якої міської транспортної мережі є кільцевий маршрут. На рис. 2.1 наведена схема пасажиропотоків та організація руху на кільцевому маршруті.

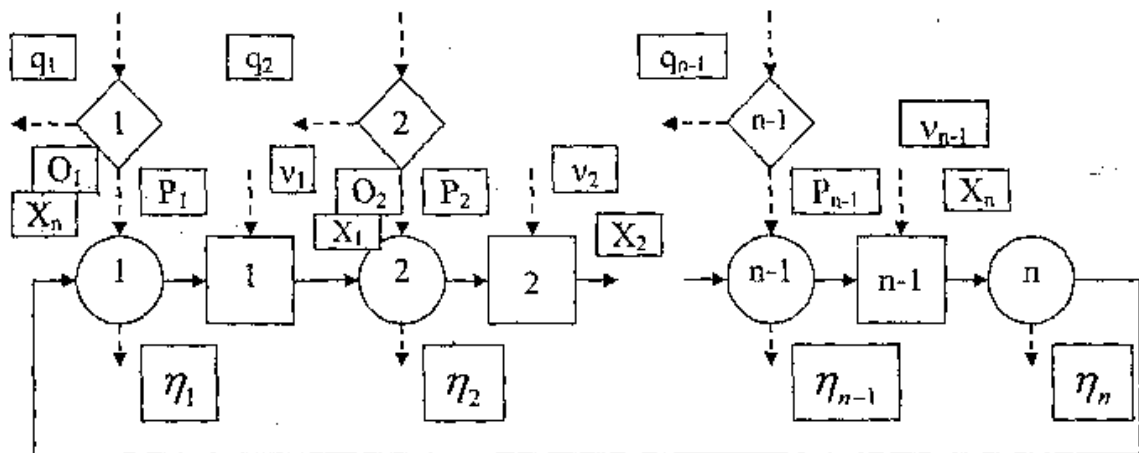


Рисунок 2.1 – Технологічна карта пасажиропотоків і руху транспортних засобів на кільцевому маршруті міста: ----- – формування пасажиропотоків;
————— – переміщення пасажирів транспортними засобами

При вирішенні задачі оптимізації перевезень прийнято такі позначення:
 ξ_k - загальна кількість пасажирів, які бажають розпочати рух з k -ої зупинки за певний час τ_k ; θ_k - кількість пасажирів, які бажають продовжити рух на розглянутому маршруті за час τ_k ; v_k - кількість пасажирів, що сіли в транспортний засіб на додатковій зупинці на вимогу, за його руху від k -ої до

($k+1$)-й зупинок; η_k - Число пасажирів, що завершують рух на k -й зупинці; σ_k - інтенсивність пасажиропотоків на k -й зупинці.

Нехай τ – час, що дорівнює інтервалу руху пасажирського транспортного засобу, T_j – час доби. Прийmemo, що $\tau = \tau(T_j)$ тоді справедлива наступна рівність

$$\tau = \tau_0 + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{l_{k,k+1}}{\bar{V}_k}, \quad (2.1)$$

де $\bar{V}_k$ – середня швидкість переміщення між k -ою та $(k+1)$ -ою зупинкою; τ_0 – час технологічної перерви; $l_{k,k+1}$ – відстань між зупинками.

Припустимо, що допустима середня швидкість автобуса на кожному відрізку маршруту може набувати значень із проміжку

$$\bar{V}_{k\min} \leq \bar{V}_k \leq \bar{V}_{k\max}, k = \overline{1, n-1}. \quad (2.2)$$

Вважатимемо, що величину τ задано. Тоді за відомої інтенсивності визначимо число пасажирів у пасажиропотоці на k -ій зупинці дорівнює $\eta_k = \sigma_k \tau$.

Число пасажирів θ_k , які бажають продовжити рух, є випадковою величиною, що має біномний розподіл:

$$P = \{\theta_k = m\} = C_{n_k}^m p_k^m q_k^{n_k-1}, m = \overline{0, n_k}. \quad (2.3)$$

Розглянемо величину α_k рівну відносному числу пасажирів, що завершують рух або на k -ій зупинці, або на зупинці на вимогу при переміщенні від $(k-1)$ до k -ої зупинки. При великих та рівномірних пасажиропотоках величину α_k можна подати через величини p_{kj} за допомогою рівності

$$\alpha_k = \sum_{i=1}^{k-1} p_{ik} / \left(k - 1 \sum_{i=1}^{k-2} \sum_{j=i+1}^{k-1} p_{ij} \right). \quad (2.4)$$

Величину α_k можна визначити статистично за емпіричною вибіркою. При зроблених припущеннях процес перевезень пасажирів кільцевим маршрутом описується різницеvim рівнянням першого порядку:

$$\chi_k = \begin{cases} V, & \text{якщо } \chi_k > V; \\ (1 - \alpha_{k-1})\chi_{k-1} + \theta_{k-1}, & \text{якщо } \chi_k \leq V. \end{cases} \quad (2.5)$$

де V – місткість пасажирського транспортного засобу.

В якості критерію ефективності будемо використовувати критерій вартісного типу:

$$z = c \sum_{k=1}^{n-1} z_k(x_{k-1}, \tau) \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де c – вартість проїзду одного пасажирів, а функції $z_k(x_{k-1}, \tau)$ характеризують "втрачену" можливість отримання доходу за рахунок відсутності пасажирів (наявність вільних місць у транспортному засобі) або за рахунок відсутності можливості їх перевезення у разі, коли відсутні вільні місця. З урахуванням (2.5) функції $z_k(x_{k-1}, \tau)$ дорівнюють:

$$z_k(x_{k-1}, \tau) = [V - (1 - \alpha_{k-1})x_{k-1} - \theta_{k-1} - v_{k-1}] \quad (2.7)$$

Введемо послідовність $\{F_k(x_{k+1}, \tau)\}$ умовно-оптимальних значень цільової функції (2.6), відповідну послідовність кроків від 1 до n . Відповідно до принципу оптимальності Веллмана введені функції $\{F_k(x_{k+1}, \tau)\}$ задовольняють рекурсивним співвідношенням:

$$F_k(x_{k+1}, \tau) = \min(z_k(x_{k+1}, \tau) + F_{k+1}(x_k)). \quad (2.8)$$

Розв'язання завдання оптимізації цільової функції (2.6) здійснюють методом динамічного програмування. Для цього слід пройти декілька кроків та етапів. Спочатку для всіх можливих станів x_n визначають набори оптимальних керувань $\overline{\tau}_0^n, \overline{\tau}_1^n, \dots, \overline{\tau}_v^n$, що забезпечують виконання умови:

$$F_n(x_{n-1}, \tau_{ji}^{(n)}) = \min_{\tau} z_n(x_{n-1}, \tau), \quad (2.9)$$

при всіх можливих значеннях $x_{n-1} = \overline{0}, \overline{V}$. При цьому $\overline{\tau}_i^{(n)} = (\overline{\tau}_{0i}^{(n)}, \overline{\tau}_{1i}^{(n)}, \dots, \overline{\tau}_{vi}^{(n)})$ – знайдений набір, де $\tau_{ij}^{(n)}$ – відповідає оптимальному варіанту критерію (2.9) інтервалу руху у разі, коли $x_{n-1} = j; x_n = i$.

На другому кроці знаходяться керуючий набір $\overline{\tau}_{0i}^{(n-1)}, \overline{\tau}_{1i}^{(n-1)}, \dots, \overline{\tau}_{vi}^{(n-1)}$ з умови (2.8) для випадку $k=n-1$, з урахуванням знайдених значень (2.9) функції

$F_n(x_{n-1})$. Такий процес продовжують до досягнення стану $x_1(k=1)$ із заданої початкової умови $x_1 = 0$.

На другому етапі оптимальне значення інтервалу руху визначають з урахуванням умов (2.8):

$$z = z(\tau^*) = \min_{\tau_{si}} c \sum_{k=1}^{n-1} z_k(x_{k-1}, \tau_{si}). \quad (2.10)$$

Отриманий оптимальний режим руху може бути реалізований на маршруті з урахуванням обмежень швидкості руху по ділянках, а також можливості вибору необхідної кількості пасажирських транспортних засобів, що працюють на маршруті.

Знайдений на першому етапі рішення завдання вектор $\overline{\tau_s^*}$ містить інформацію, яку можна використовувати для оптимізації перевезень пасажирів за рахунок введення вкорочених маршрутів. Це можливо у випадку, коли з послідовності $\tau_{s1}^*, \tau_{s2}^*, \dots, \tau_{sn}^*$ виділяється підпослідовність $\tau_{sr}^*, \tau_{sr+1}^*, \dots, \tau_{si}^*$, що містить найменші елементи. Останнє означає, що найбільш інтенсивне переміщення пасажирів спостерігається між r -ю та i -ю зупинками маршруту. Це дає підстави щоб організувати додатковий укорочений маршрут між цими зупинками, вирівнюючи пасажиропотоки на маршруті.

2.2 Математична модель організації пасажирських перевезень в місті з урахуванням екологічного фактору

Основною метою при організації транспортного обслуговування населення міста є забезпечення якісного та повного задоволення потреб населення у перевезеннях при мінімумі економічних витрат перевізника, який отримав допуск для роботи на маршруті, та за мінімального негативного впливу на навколишнє середовище.

Розглянемо також один s -ий кільцевий маршрут транспортної мережі (рис. 2.2).

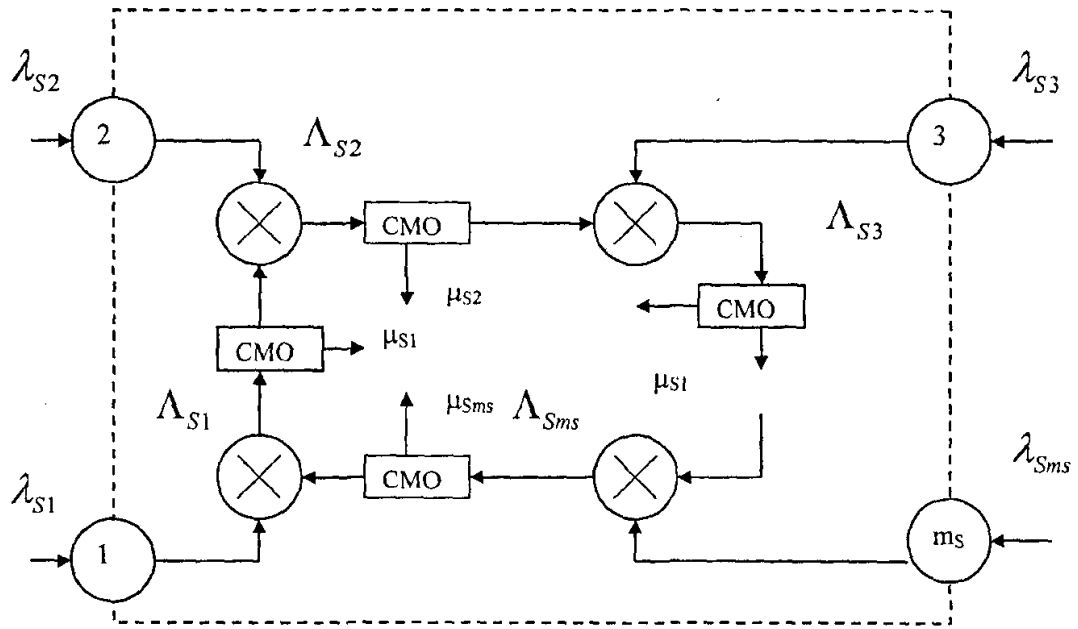


Рисунок 2.2 – Кільцевий маршрут —, як мережа транспортного обслуговування пасажирів.

Використовуючи відомі інтенсивності вхідних пасажиропотоків на зупинних пунктах та матрицю кореспонденцій на маршруті, послідовно визначають сумарні інтенсивності пасажироперевезень на ділянках маршруту, що зв'язують зупинні пункти:

$$\Lambda_{si} = \lambda_{si} + \sum_{j=1}^{si-1} \sum_{l=i+1}^{m_s} \Lambda_{sj} P_{sj,si}^{(s)}; i = \overline{1, m_s}, \quad (10) \quad (2.11)$$

де Λ_{si} – сумарна інтенсивність вхідного потоку, яка знаходиться з урахуванням пасажиропотоку, що формується безпосередньо на зупинних пунктах, і потоків пасажирів, що продовжують рух. Для спрощення у формулі (2.11) прийнята наскрізна нумерація для зупинних пунктів маршруту.

Розглянемо переміщення пасажирів на кожній ділянці, що прилягає до зупинних пунктів, як процес обслуговування в системі масового обслуговування. Нехай n_{si} – число вимог, що знаходяться на обслуговуванні i -ої системи масового обслуговування (СМО) s -го маршруту. Зауважимо, що

число n_{si} обмежено загальною кількістю місць $V_s = \sum_{l=1}^q V_l I_l^{(s)}$ в транспортних засобах, що забезпечують перевезення на s -му маршруті. Надалі розглядатимемо мережу СМО із заданими сумарними інтенсивностями Λ_{si} вхідних пасажиропотоків у кожному вузлі та обмеженою кількістю обслуговуваних заявок. Інтенсивність потоку обслуговування на i -ій ділянці s -го маршруту задаємо з урахуванням обмежень на сумарну місткість транспортних засобів, вважаючи її залежною від числа n_{si} пасажирів, що обслуговуються:

$$\mu_{si} = \mu_{si}(n_{si}) = \begin{cases} n_{si}, & 0 \leq n_{si} \leq V_s; \\ V_s, & n_{si} > V_s. \end{cases} \quad (2.12)$$

Для розглянутого випадку багатоканальної СМО з відмовами стаціонарне рішення цієї системи має вигляд:

$$P_{in}^{(s)} = P_{i0}^{(s)} \prod_{k=1}^n \Lambda_{si}^k / \prod_{k=1}^n \mu_{si}^k. \quad (2.13)$$

З урахуванням рівностей (2.11), (2.12) для інтенсивності вхідного потоку та потоку обслуговування, отримаємо

$$P_{in}^{(s)} = \begin{cases} \frac{\rho_{si}^n}{n!} P_{i0}^{(s)}, & 0 \leq n \leq V_s; \\ \frac{\rho_{si}^n}{V_s^{n-V_s} \cdot V_s!} P_{i0}^{(s)}, & n > V_s, \end{cases} \quad (2.14)$$

$$\text{де } \rho_{si} = \Lambda_{si} / \mu_{si}.$$

Імовірність P_{i0} у формулі (2.14) знаходиться з умови нормування ймовірностей:

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_{in}^{(s)} = 1. \quad (2.15)$$

За необхідної умови ефективної роботи СМО без черги на обслуговування ($\rho_{si} / V_s < 1$) ця ймовірність дорівнює:

$$P_{i0}^{(s)} = \left(\sum_{n=0}^{V_s-1} \frac{\rho_{si}^n}{n!} + \frac{\rho_{si}^{V_s}}{V_s!(1-\rho_{si}/V_s)} \right). \quad (2.16)$$

Описана модель пасажироперевезень у вигляді мережі СМО дозволяє визначити основні величини, що характеризують ефективність організації руху на окремих маршрутах та загалом у маршрутній мережі міста. Зокрема, середня кількість пасажирів, перевезена на i -ій ділянці дорівнює:

$$W_{si} = \sum_{n=1}^{V_s} n P_{in}^{(s)}. \quad (2.17)$$

При цьому коефіцієнт використання пасажиромісткості:

$$\gamma_{si} = W_{si} / V_s. \quad (2.18)$$

Середня кількість вільних місць при перевезенні на i -ій ділянці s -го маршруту дорівнює:

$$M_{si} = V_s - W_{si}. \quad (2.19)$$

Середня кількість пасажирів, змушених чекати на приїзд транспортного засобу дорівнює:

$$L_{si} = \sum_{n=V_s+1}^{\infty} (n - V_s) P_{in}^{(s)}. \quad (2.20)$$

Ефективне проектування пасажироперевезень у місті зведено до вирішення багатокритеріального завдання за критеріями:

$$Z_2(\bar{n}) = \sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^{m_s} \frac{1}{\gamma_{si}} = \sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^{m_s} \frac{V_s}{W_{si}} + \sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^{m_s} Y_{omn} \rightarrow \min; \quad (2.21)$$

$$Z_1(\bar{n}) = \sum_{s=1}^r c_s \sum_{i=1}^{m_s} M_{si} = \sum_{s=1}^r c_s \sum_{i=1}^{m_s} (V_s - W_{si}) \rightarrow \min; \quad (2.22)$$

$$Z_3(\bar{n}) = \sum_{s=1}^r d_s \sum_{i=1}^{m_s} \frac{1}{\gamma_{si}} = \sum_{s=1}^r d_s \sum_{i=1}^{m_s} (\Lambda_{si} - V_s) \rightarrow \min; \quad (2.23)$$

де $\bar{n} = \{n_i^s\}$; c_s, d_s – відповідно, середній прибуток та втрати від невикористання можливості отримання прибутку, на одного пасажирів, Y_{oid} – відносний показник екологічної безпеки.

Критерій (2.21) характеризує експлуатаційну ефективність руху (завантаження транспортними засобами усіх маршрутів). Другий та третій

критерії характеризують соціоекологоекономічну ефективність організації руху. Зауважимо, що завдання оптимальної організації руху за критеріями (2.21)-(2.23) необхідно вирішувати при обмеженнях, пов'язаних із наявним парком транспортних засобів:

$$\sum_{s=1}^r n_i^{(s)} \leq n_i; n_i^{(s)} \geq 0; n_i^{(s)} \in N, \quad (2.24)$$

де n_i – загальне число транспортних засобів i -го типу.

Завдання (2.21)-(2.24) є багатокритеріальним завданням дискретної оптимізації. Для її вирішення можна перейти до однокритеріальної оптимізації, запровадивши узагальнений критерій рівністю:

$$Z(\bar{n}) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i Z_i(\bar{n}) \rightarrow \min, \quad (2.25)$$

при обмеженнях (2.24), де α_i – вагові коефіцієнти.

Вибір оптимального поєднання місткості та кількості транспортних засобів на маршруті здійснюється на основі критерію – мінімум соціально-екологоекономічних затрат Z : вартість втрат пасажирів на час очікування $Z_{\text{пас}}$, витрати перевізника $Z_{\text{пер}}$ на обслуговування маршруту та величина еколого-економічної шкоди Y_e під час експлуатації транспортних засобів.

У розгорнутому вигляді критерій набуває наступного вигляду:

$$Z = \min \left(\left[\sum_{j=1}^m \frac{\overline{T_{ожсj}} S_j}{60} \right] \cdot T_m C_{n-ч} + Z_{\text{пер}} + Y_e \right), \quad (2.26)$$

де m – кількість зупинних пунктів на маршруті в прямому і зворотних напрямках, од; $\overline{T_{ожсj}}$ – середні затрати часу одного пасажиру на очікування посадки на j -ій зупинці, хв.; S_j – інтенсивність підходу пасажирів на j -тий зупинний пункт, пас/год; T_m – тривалість роботи транспортного засобу на маршруті, год; $C_{n-ч}$ – вартість однієї пасажиро-години, грн.

В результаті розв'язання завдань (2.21)-(2.24) знаходяться вектор $\bar{n}$ оптимального розподілу транспортних засобів по маршрутах і графік руху

$\{I_l^{(s)}\}$, що забезпечує оптимальні експлуатаційну та економічну ефективність пасажирських перевезень у містах.

2.3 Модель вибору транспортних засобів із зазначенням необхідного рівня якості перевезень

При цьому використовуються часткові показники кількісної оцінки якості: комфортність поїздки; швидкість подорожі; екологічна безпека.

Частковий показник – комфортність подорожі заданий у вигляді:

$$K_n = [n_{сид} + 0,85n_c + 0,15(n_{общ} - n_{сид} - n_c)] / n_{общ}, \quad (2.27)$$

де $n_{общ}$ – загальна кількість пасажирів, що знаходяться в транспортному засобі на перегоні маршруту, люд.; $n_{сид}$ – число сидячих пасажирів, люд.; n_c – число пасажирів з наданням комфортного проїзду стоячи (до 2 пас/м²), люд.; 0.85 і 0.15 – нормовані коефіцієнти, що враховують здійснення їздки пасажирами стоячи в комфортних умовах і переповненому транспортному засобі (більше 3 пас/м²).

Якість обслуговування пасажирів на маршруті змінюється у просторі та часі. Запропонована формула враховує цю обставину. Оскільки показник комфортності їздки змінюється за перегонами залежно від наповнення салону, слід визначати його середнє значення по всьому шляху. У цьому випадку узагальнена оцінка K_i для рейсу дорівнює

$$K_i = \left[\sum_{j=1}^i K_{nj} \right] / J, \quad (2.28)$$

де K_{nj} – комфортність їздки на j -ому перегоні; J – кількість перегонів на маршруті, од.

Швидкість руху транспортних засобів, як частковий показник, може бути оцінений часом пересування, що є сумою часів: очікування транспорту $t_{оч}$, часу їздки (руху) $t_{рух}$.

Час очікування транспортного засобу на зупинному пункті визначається за формулою:

$$t_{ожс} = 0,5I / 60, \quad (2.29)$$

де I – інтервал руху транспортного засобу на маршруті, хв.

Загальний час, витрачений пасажиром дорівнює:

$$t_{\phi} = t_{ожс} + t_{\phi\phi} = 0,5I / 60 + l_{cp} / V_{\phi}, \quad (2.30)$$

де l_{cp} – середня дальність їздки, км; V_{ϕ} – експлуатаційна швидкість транспортного засобу, км/год.

Середня дальність їздки визначається за формулою:

$$l_{cp} = 1,3 + n_{пл} \sqrt{S} \approx 1,3 + 0,3 \sqrt{S}, \quad (2.31)$$

де $n_{пл}$ – коефіцієнт планування структури міської території; S – селитебна площа міста, км².

Селитебна площа – міська територія, землі якої призначені для будівництва житлових та соціальних будівель, доріг, вулиць, площ.

Оцінний показник K_2 визначають за формулою:

$$K_2 = (t_{\max} - t_{\phi}) / (t_{\max} - t_{\min}), \quad (2.32)$$

де $t_{\max}$ – максимально допустимий час переміщення по маршруту, хв.; $t_{\min}$ – мінімальний час переміщення по маршруту, хв.

Екологічна безпека визначається, виходячи з величини еколого-економічних збитків, що завдаються транспортними засобами навколишньому середовищу. При цьому відносний оціночний показник K_3 визначається за формулою:

$$K_3 = Y_{\phi\phi} = (Y_{\phi\phi\max} - Y_{\phi\phi}) / (Y_{\phi\phi\max} - Y_{\phi\phi\min}), \quad (2.33)$$

де $Y_{\phi\phi\max}$ – максимальний рівень еколого-економічного збитку, грн.; $Y_{\phi\phi\min}$ – мінімальний рівень еколого-економічного збитку, грн.; $Y_{\phi\phi}$ – фактичний рівень еколого-економічного збитку, грн.

Кожен пасажир по-своєму оцінює важливість показників якості. Найбільш об'єктивним інструментом виявлення номенклатури значимих показників якості є анкетування. Результати дослідження в даній роботі показали, що вага часткових показників оцінюються наступним чином:

комфортність – 0,25; швидкість руху транспортного засобу – 0,45; екологічна безпека – 0,30.

Інтегральна оцінка якості K являє собою зважену суму часткових показників:

$$K = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot K_i \quad (2.34)$$

де α_i – вага часткового показника. При цьому $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$.

Визначення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу здійснювали на основі розрахунку різниці між кількістю пасажирів, що ввійшли та вийшли на кожному зупинному пункті маршруту:

$$q_j = q_{j-1} - Z_{j-1} + S_j, \quad (2.35)$$

де q_j – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на j -му перегоні, люд.; q_{j-1} – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на попередньому $(j-1)$ -му перегоні, люд.; Z_{j-1} – кількість пасажирів, що вийшли з транспортного засобу після проїзду попереднього $(j-1)$ -му перегону, люд.; S_j – кількість пасажирів, які увійшли в транспортний засіб перед проїздом на j -му перегоні, люд.

Кількість пасажирів, що увійшли і вийшли на кожному зупинному пункті маршруту визначено на основі обстеження маршруту та обробки отриманої статистичної інформації. Під час обстеження враховувалися пасажирів, які бажали здійснити їзду на цьому маршруті, але не могли це зробити внаслідок переповнення рухомого складу.

Висновки по другому розділу

1. Теоретично показано як за оптимізацією пасажиропотоку на маршрутній мережі міста можливо спроектувати укорочення деяких маршрутів з метою зменшення впливу транспортних засобів з ДВЗ на

навколишнє середовище. При цьому використано критерій ефективності вартісного типу.

2. Показано, що при організації транспортного обслуговування населення міста при мінімумі економічних втрат перевізника і мінімального негативного впливу на навколишнє середовища доцільним є кільцеві маршрути.

3. Запропоновано ефективне проектування пасажироперевезень у місті вирішення багатокритеріального завдання і введенням критеріїв, що характеризують експлуатаційну ефективність руху на маршруті, а також соціоекологічно-економічну ефективність організації руху.

4. В моделі вибору транспортних засобів із заданим рівнем якості перевезень запропоновано використовувати показники якості: комфортність поїздки; швидкість подорожі; екологічна безпека.

5. Запропонована інтегральна оцінка якості перевезень, враховуючи основні показники, з їх ваговими коефіцієнтами.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

3.1 Методика дослідження вмісту шкідливих речовин відпрацьованих газів транспортних засобів на маршруті міста

Дослідження вмісту шкідливих речовин проводили за допомогою газоаналізатора Premier-701A. Газоаналізатор Premier-701 A (рис.3.1) – 4-х компонентний автомобільний газоаналізатор, клас точності 0. Застосовується для контролю відпрацьованих газів транспортних засобів. Програмне забезпечення включає базу даних обслуговування клієнтів і базу даних по нормах вихлопу. Вимірювальна частина заснована на принципі NDIR вимірювання, характеристики відповідають або перевершують вимоги стандартів OIML R 99 Class 1, OIML R 99 Class 0 і ISO 3930. Має монітор 128x64 і 4-х кнопкову клавіатуру, можливе підключення до персонального комп'ютера через порт RS-232. Живлення 12 В від бортової мережі автомобіля, або адаптера 220В/50Гц, що входить в комплект.

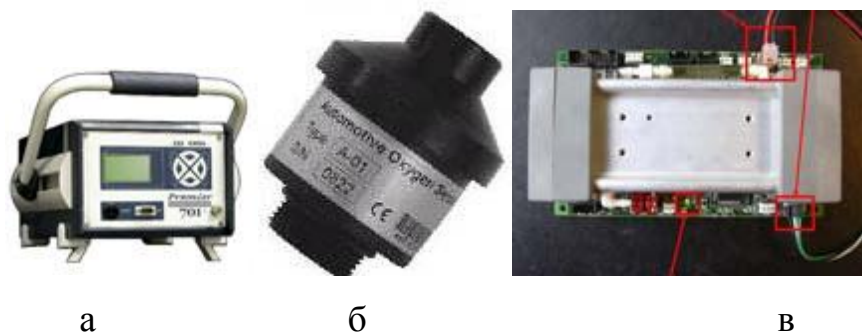


Рисунок 3.1 - Premier-701 A: а – автономний газоаналізатор PREMIER-701A;
б – датчик кисню; в – камера SENSOR

Характеристики газоаналізаторів Premier-701:

- автоматичне встановлення нуля;
- вимірювання обертів двигуна для будь-яких систем запалення;

- максимальний час прогрівання: 5 хвилин;
- корекція вимірювань відповідно до атмосферного тиску;
- автоматичне видалення конденсату і відкладень НС;
- витрата газу: 0.3-6.0 л/хв.;
- час відгуку: 3.5 с.;
- робоча температура: -12...48 °С.

З теорії ДВЗ відомо, що паливо повинно згоряти повністю з максимальним виділенням теплоти, мінімальними витратами її з продуктами неповного згорання або з надлишком кисню чи азоту, без забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами тощо. При згорянні в циліндрах двигуна утворюються газоподібні, рідкі й тверді (сажа) продукти згорання палива. Склад продуктів згорання змінюється залежно від хімічного складу палива, коефіцієнта надлишку повітря, температури оточуючого середовища, характеру процесу горіння, технічного стану двигуна в цілому та окремих його датчиків на основі яких дозується суміш, та багатьох інших факторів.

За рахунок повного згорання палива зменшуються його витрати, а також токсичність відпрацьованих газів. Повнота випаровування і згорання палива залежить від багатьох факторів: тиску насиченої пари, теплоти випаровування, коефіцієнту дифузії, в'язкості, поверхневому натягу та, в найбільшій мірі, фракційного складу. Пуск на важкому паливі ускладнений, потрібне значне збагачення суміші бензином, більша частина якого не випарується, що призведе до підвищення токсичності відпрацьованих газів; до того ж паливо накопичується у циліндрах під час невдалих спроб запуску. Якщо бензин має високу температуру перегонки 50% , то деяка частина його (висококиплячі компоненти, які входять до складу робочої фракції) не випаровуються і горюча суміш збідниться, що може викликати пропуски спалахування, що є згубним для систем нейтралізації. Температура кипіння 90% бензину та кінця кипіння характеризує склад робочої суміші в циліндрі в кінці такту стиснення, повноту згорання палива, а отже безпосередньо

впливає на склад відпрацьованих газів. Ароматичні вуглеводні (зокрема бензол) та сірка при згоранні утворюють високотоксичні сполуки, а тому невідповідність їх вмісту стандарту прямо впливає на шкідливість відпрацьованих газів.

Після проведення дослідів визначили склад відпрацьованих газів. Вихлопні гази містять комплекс шкідливих домішок, виділення яких в атмосферу небажано і регламентується відповідними вимогами до автомобілів. Встановлена наявність наступних шкідливих компонент у вихлопних газах: окислу вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, свинцю і його з'єднань, діоксиду сірки, твердих частинок (сажа). Кожна з цих домішок здійснює шкідливий вплив на здоров'ї людини. Наприклад, абсолютно нешкідливий азот, не вступаючи за нормальних умов в реакцію з киснем, в умовах дії високої температури і високого тиску в процесі згорання палива утворює оксид азоту. Після виходу з вихлопної системи оксид азоту вступає в реакцію з киснем повітря з утворенням нестійкого діоксид азоту, а потім – стійких з'єднань з різним вмістом елементів X в молекулі, а тому що позначається як NOX. При високих концентраціях оксиду азоту викликають подразнення органів дихання, а при тривалому вдиханні настає необоротне руйнування легеневої тканини. Зовнішні ознаки наявності в атмосфері високої концентрації оксидів азоту виявляється в утворенні смогу. Оксиди азоту формуються в "основному" на жорстких режимах роботи двигуна транспортного засобу. При збідненні суміші їх концентрація у вихлопних газах падає (знижується температура процесу горіння), при збільшенні кута випередження впорскування концентрація збільшується (підвищується температура в камері згорання).

Дослідивши чинники які впливають на склад відпрацьованих газів було зроблено висновок, що значну частину забруднення становлять картерні гази, які містять у своєму складі водяну пару, смоли, невелику кількість газів що прориваються в картер.

Кількість картерних газів вимірювали витратоміром картерних газів

ДВЗ КИ 17999 (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – витратомір картерних газів ДВЗ КИ 17999

Витратомір картерних газів ДВЗ КИ-17999М призначений для визначення об'ємної витрати змінного потоку газів, що прориваються з камер згорання через кільцеві ущільнення поршнів в простір картера дизельних і бензинових двигунів транспортних засобів.

Пристрій також використовується для визначення технічного стану циліндро-поршневої групи двигунів, визначення їх залишкового ресурсу в експлуатаційних умовах використання транспортних засобів, перед поточним ремонтом, в ремонтних майстернях і пунктах технічного обслуговування.

Технічні характеристики КИ-17999М: КИ-17999М є витратомір постійного перепаду тиску з кільцевим звужуючим пристроєм. Циліндровий корпус витратоміра забезпечений ущільненням для сполучення з оливозаливною горловиною двигуна. З метою підвищення точності вимірювань витрати газів в звужуючому пристрої використовується змінна втулка.

Даний пристрій відрізняється від аналога – індикатора КИ-13671 – більш простою конструкцією і кращою технологічністю у виготовленні, більшою точністю. Тип витратоміра щілистий, постійного перепаду тиску перепад тиску на звужуючому пристрої, мм вод. ст. 12; діапазони вимірювання витрати газів, л/хв. 10-150; 50-250; приведена погрішність вимірювання 2,5%; трудомісткість контролю витрати газів, люд.-хв. не більше 5; габарити 200x70x70 мм; маса, не більше 1 кг.

Модернізація КИ-17999М забезпечила його універсальність, тобто можливість діагностування ЦПГ будь-яких ДВС вітчизняних і імпортованих транспортних засобах. Проаналізувавши ефективність роботи системи вентиляції картера ми виявили, що на багатьох транспортних засобах виникає проблема з видаленням та очищенням картерних газів. З часом в системі вентиляції картера двигуна транспортного засобу накопичуються смолянисті відкладення з газів картерів, що утрудняють відведення цих газів в циліндри двигуна для спалювання. Через це тиск газів усередині двигуна підвищується і з'являється течя масла через ущільнення. Отже виникла проблема насамперед відведення картерних газів.

3.2 Метод управління пасажиропотоком з поліпшенням екологічної обстановки в місті режимом "зелена хвиля"

Кількість автомобільного транспорту, що збільшується, прямо впливає на погіршення екологічної обстановки в містах і на всій планеті в цілому. Багато держав шукають способи зниження екологічних викидів та підвищення безпеки дорожнього руху. Наразі Україна дотримується світової тенденції та приділяє велику увагу екологічним питанням та питанням безпеки, зокрема покращенню екологічної обстановки у містах, шляхом зниження викидів від автомобільного транспорту та збільшення рівня безпеки.

У цій сфері можливе внесення кількох перспективних варіантів. Основними вважаються збільшення екологічних стандартів, що призводять до зниження кількості старих та екологічно небезпечних автомобілів. Ще одним досить цікавим способом є зниження кількості викидів всього потоку шляхом зміни режиму руху. Це означає, що в рамках міського руху від перехрестя до перехрестя (обладнаних світлофором), потрібна нормалізація та врівноваження швидкісних режимів, вибір оптимальних інтервалів та відстаней, це дозволяє використовувати оптимальні режими роботи двигуна з відсутністю різких прискорень та гальмування. Цей метод дає можливість використовувати двигун при мінімальних екологічних витратах, оскільки відбувається рух автомобіля на швидкостях 40-60 км/год, протягом усієї ділянки.

Даний метод називається – координованим управлінням, його принцип – це повністю уніфіковане, поетапне включення зеленого сигналу світлофора на перехрестях.

Принципово даний метод виглядає так: потік автомобілів рухається з рівною і постійною швидкістю, перетинає перехрестя і продовжує рухатися прямо до наступного світлофора не змінюючи швидкість руху, і так далі. Головне у цій системі послідовне включення зеленого сигналу світлофора.

У даного методу управління існують різноманітні труднощі та завдання, які зараз вирішуються за допомогою необхідного програмного забезпечення (ПЗ). Таке ПЗ – зчитує та аналізує: відстань між світлофорами, час доби та приблизну кількість автомобілів, розкид швидкостей у транспортному потоці, трансформацію групи автомобілів у міру її руху по перегону та інші фактори. При вдосконаленні руху потоку використовується кілька основних критеріїв ефективності, такі як число зупинок транспортних засобів, транспортна затримка, екологічні показники, витрата палива, втрати часу пасажирями маршрутних транспортних засобів.

Так само, даний сучасний спосіб організації "зеленої хвилі" дозволяє мінімізувати трудовитрати та створити кілька різних варіантів координованого керування для різних транспортних ситуацій.

Існують рішення, які дозволяють забезпечити включення в дію тієї програми координації, яка відповідає умовам руху в даний період часу, та провести місцеве коригування для того, щоб "підігнати" програму до реальної транспортної ситуації, що існує в даний момент, з використанням транспортних детекторів, а також робити транспортний прогноз на кілька (десятків) хвилин вперед, що дозволяє уникнути небажаних наслідків розвитку будь-якої ситуації, впливаючи на транспортну систему в цілому.

В основу методів розрахунку таких програм покладено математичні моделі, що досить точно відображають процес руху груп автомобілів при координованому управлінні, а також в інших умовах руху. Сутність розрахунку полягає в спрямованому переборі варіантів, у результаті знаходять управляючі параметри (зсув включення зелених сигналів, цикл регулювання і розподіл тривалості фаз усередині циклу), відповідні мінімуму (або максимуму) прийнятого в розрахунку критерію ефективності.

3.3 Методика вибору більш екологічного виду транспорту та транспортних засобів на міських пасажирських перевезеннях

Існує безліч критеріїв оцінки варіантів перевезення пасажирів, але в кожній конкретній ситуації обирається той критерій, який відповідає завданням дослідження. Проведемо порівняння наведених витрат тролейбуса з динамічною підзарядкою та міського автобуса з дизельним двигуном. Вибір виду транспорту здійснюється за мінімумом наведених витрат, що включають поточні витрати та капітальні вкладення в рухомий склад, що наведені до поточних витрат за допомогою коефіцієнта ефективності. Варіант вибирається за мінімумом наведених витрат. Блок-схема алгоритму розрахунку наведених витрат представлена рисунку 3.3.

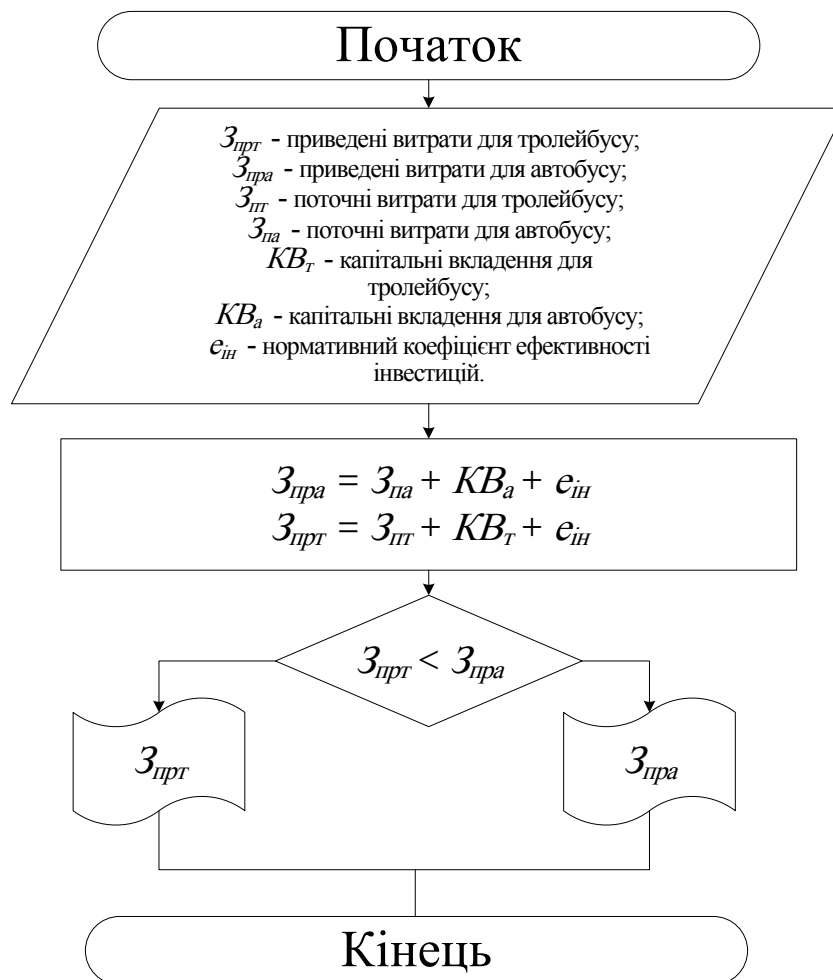


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму вибору виду транспорту на міських пасажирських перевезеннях

Висновки до третього розділу

1. Запропоновано для визначення вмісту відпрацьованих газів транспортних засобів на дизелях, що обслуговують пасажирів на маршрутах міста використовувати пристрої газоаналізатор PREMIER-701A, датчик кисню, камера SENSOR, витратомір картерних газів ДВЗ КИ 17999.

2. Для управління пасажиропотоків з поліпшенням екологічної обстановки запропоновано укорочені маршрути та створення на певних ділянках маршрутної мережі режим "зелена хвиля". Розглянуто методику його створення.

3. Розроблено алгоритм вибору більш екологічного виду транспорту та транспортних засобів на міських маршрутах. Запропоновано відповідну методику.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ

4.1 Результати експериментальних досліджень складу відпрацьованих газів транспортних засобів на різних маршрутах міста Кропивницький

Дослідження проводили на транспортних засобах, які знаходились в експлуатації на маршрутах міста Кропивницького і своєчасно проходили ТОiР МАЗ-203 по маршрутах – 103, 274, 111, 116, 123; МАЗ-206 по маршрутах – 46, 130, 104, 114, 118, 119, 119А.

При дослідженнях на зазначених транспортних засобах, які обладнанні дизелями, спочатку вимірювали склад відпрацьованих газів за допомогою газоаналізатора перед експлуатацією на маршрутах міста Кропивницький. Після цього було проведено повторне вимірювання складу відпрацьованих газів з різним пробігом транспортних засобів. Характерні діаграми складів відпрацьованих газів, виміряно газоаналізатором на транспортних засобах наведено на рис 4.1-4.6.

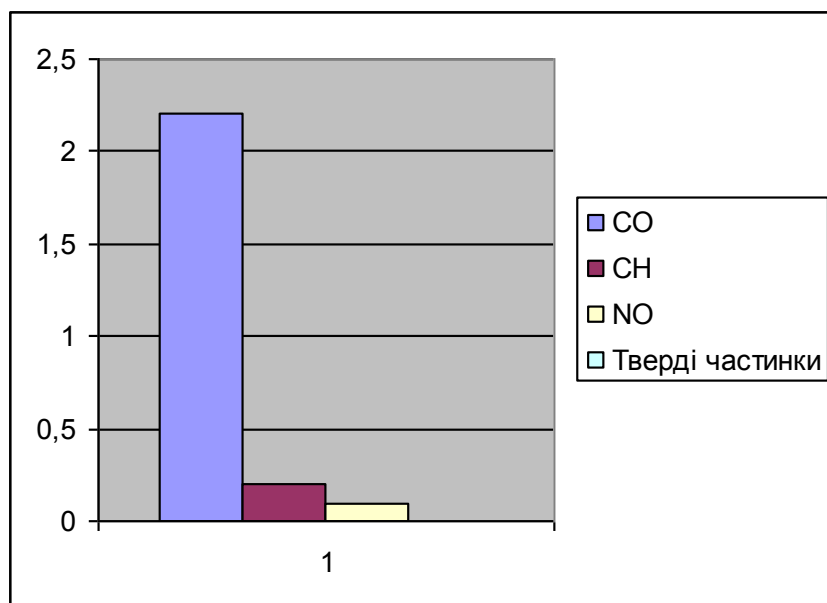


Рисунок 4.1 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-203 (перед експлуатацією)

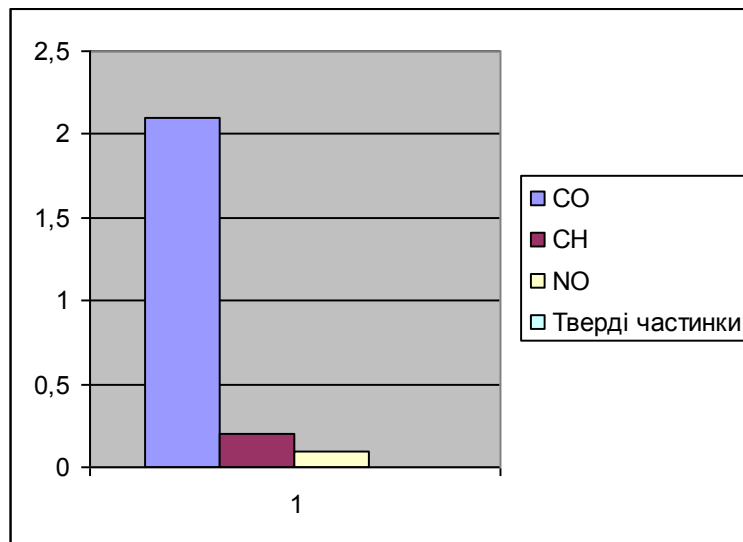


Рисунок 4.2 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-206 (перед експлуатацією)

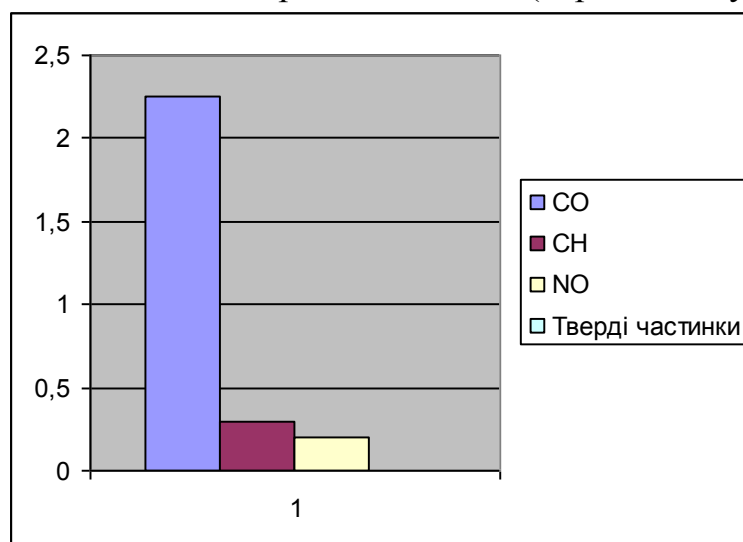


Рисунок 4.3 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-203 з пробігом 2 000 км

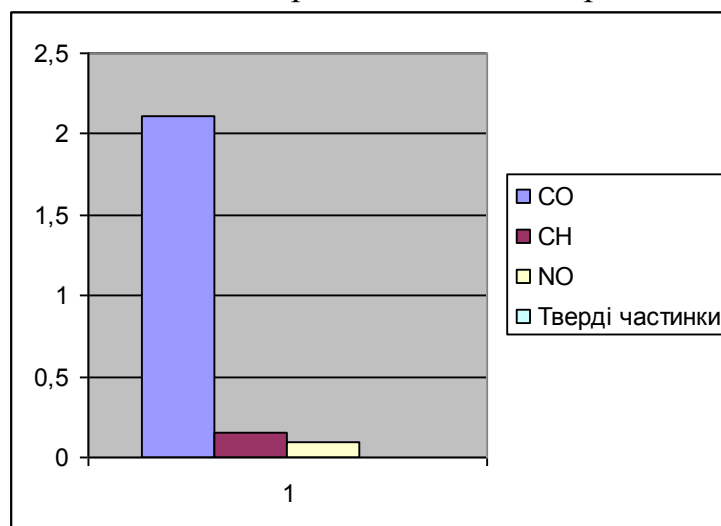


Рисунок 4.4 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-206 з пробігом 2 000 км

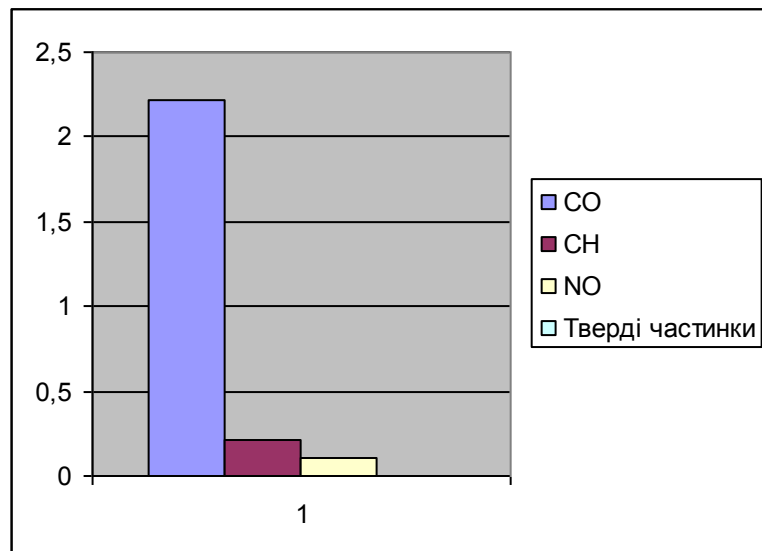


Рисунок 4.5 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-203 з пробігом 15 000км

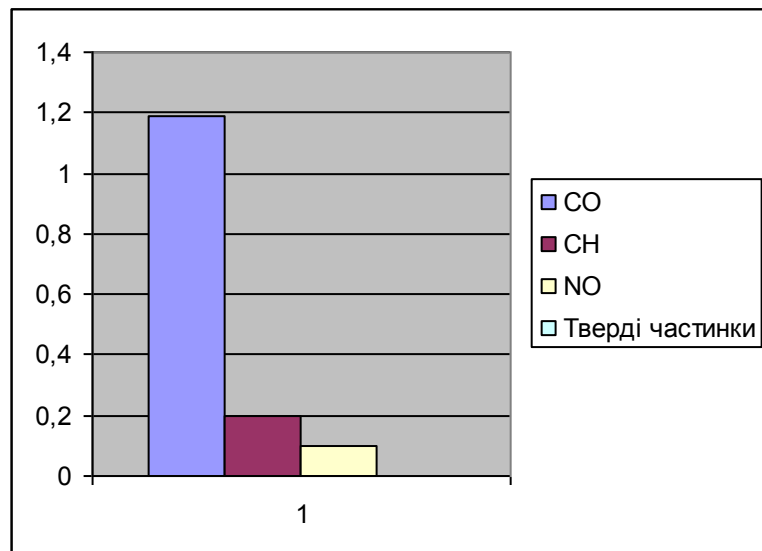


Рисунок 4.6 – Діаграма складу відпрацьованих газів, виміряних за допомогою показників газоаналізатора на МАЗ-206 з пробігом 15 000 км

Можна бачити, що МАЗ-206 у порівнянні з МАЗ-203 на маршрутній мережі міста Кропивницький забруднює навколишнє середовище зі збільшенням пробігу і швидкості руху транспортних засобів забруднює навколишнє середовище дещо менше.

Експериментальні дослідження показали що слід удосконалювати систему очищення картерних газів транспортних засобів які працюють на

маршрутах міста Кропивницького за допомогою наступних заходів:

- більш якісно очищувати картерні гази, наприклад, з використанням фільтра-радіатора;
- підвищити потужність двигунів транспортних засобів;
- збільшити термін роботи моторної оливи до її заміни;
- підвищити екологічні показники роботи двигунів транспортних засобів;
- підвищити термін експлуатації елементів системи живлення.

Зменшити забрудненість навколишнього середовища можливо створивши на найбільш забруднених ділянках маршрутної мережі режим "зеленої хвилі", або замінити транспортні засоби на екологічно чисті, тобто які не забруднюють навколишнього середовища. Доцільним є заміна автобусів МАЗ-203 автобусів МАЗ-203 і Маз-206 тролейбусами, особливо тролейбусами з динамічною підзарядкою.

4.2 Управління інтенсивністю рухом на маршрутах міста на основі створення режиму "зелена хвиля"

Було досліджено ділянку вулиці Велика Перспективна у місті Кропивницький, ця вулиця є основною автомобільною артерією міста. Кількість регульованих перехресть розташованих протягом ділянки вулиці В.Перспективна – 6. Вулиця чотирисмугова по 2 смуги в кожну сторону, загальна ширина дороги в одному напрямку коливається від 8 до 12 метрів.

Результати обстеження інтенсивності транспортних потоків, на вулично-дорожній мережі ВДМ, що розглядається, представлені у вигляді картограми інтенсивності і показані на рис. 4.7.

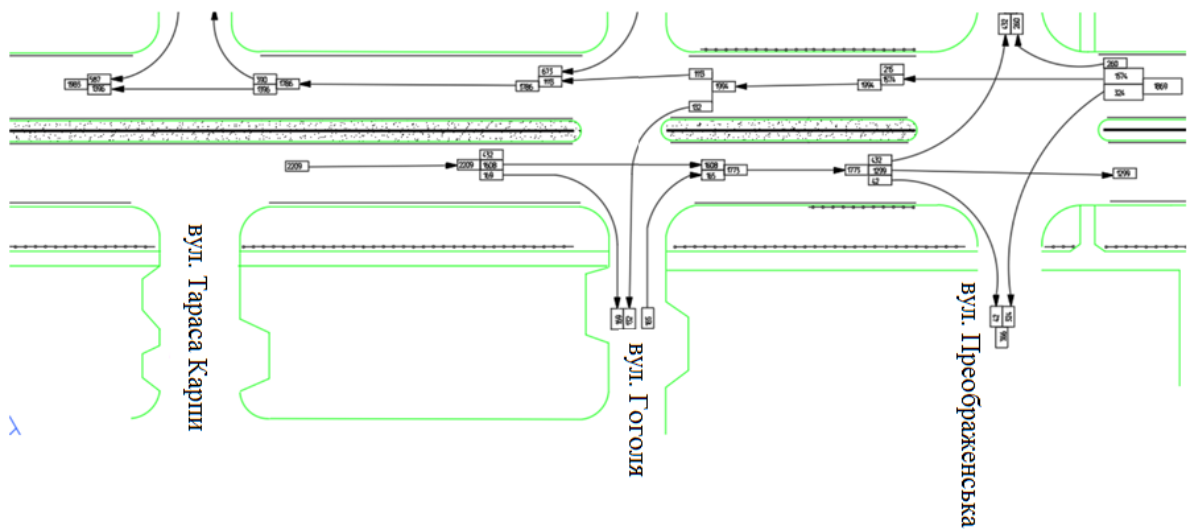


Рисунок 4.7 – Картограма інтенсивності транспортних потоків

З цієї картограми видно, що інтенсивність руху на вулиці Велика Перспективна не відповідає необхідним вимогам, оскільки кількість транспортних засобів на дві смуги руху близько 2000 одиниць на годину, а з цього випливає, що на даній ділянці ВДМ потрібно мінімум три смуги руху в одному напрямку. Але розширення дороги неможливе з об'єктивна причина – близьке розташування будинків до межі проїжджої частини. Ця причина не дозволяє розширити вулицю, тому наша мета знизити затримки транспортних засобів шляхом координованого керування.

Пропонується впровадити "Зелену хвилю" на ділянці вул. Велика Перспективна від перетину з вулицею Преображенською до перетину з вулицею Тараса Карпи.

Після проведення розрахунків основних тактів з урахуванням отриманої в ході обстеження інтенсивності руху транспортних засобів та обробки тривалості циклів на регульованих перетинах вул. Велика Перспективна з деякими вулицями отримали схематичне відображення графіку координації, який представлений на рисунку 4.8.

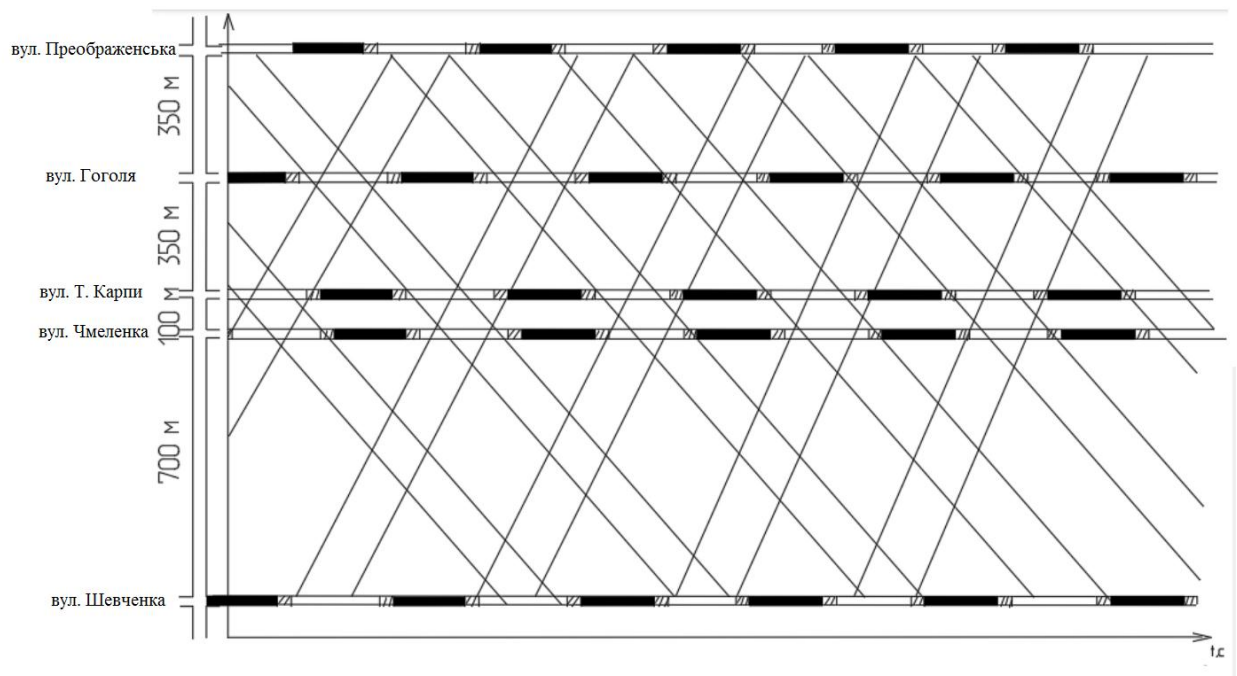


Рисунок 4.8 – Схематичне відображення графіку координації

Оцінка ефективності впровадження системи координованого управління дозволить досягти збільшення швидкості на цих ділянках приблизно на 15%...20%, приблизно на стільки ж знизяться затримки транспортних засобів, так само на 15% зниження шкідливих викидів.

З вищевикладеного випливає, що використання координованого управління на цьому ВДМ є більш ніж обґрунтованим, через зниження екологічних викидів, підвищення пропускної спроможності дороги та зниження затримок транспортних засобів.

4.3 Результати дослідження переваг тролейбусів з динамічною підзарядкою у порівнянні з транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання

Тролейбус з підзарядкою призначений у цьому прикладі для експлуатації на маршрутах міста Кропивницький. Пасажиропотік освоюється автобусним транспортом (автобуси, що належать підприємству "Електротранс", м. Кропивницький). Зростання пасажиропотоку міських

перевезень загострюють проблему транспортного обслуговування населення міста та створюють обмеження для пасажирів як за часом, так і за якістю перевезення (необхідність пересадок). Для вирішення проблеми пропонується замінити частину автобусів МАЗ-206 з дизельним двигуном на тролейбуси "Дніпро Т-203" з динамічною підзарядкою.

Потрібно провести економічне обґрунтування та порівняння експлуатації тролейбуса з динамічною підзарядкою та автобуса на дизельному паливі.

Для обґрунтування вибору виду міського транспорту для перевезення пасажирів проведемо порівняння видів транспорту, що розглядаються, за низкою факторів: екологічних, надійності, економічних, швидкості, шумового впливу з метою виявлення переваг та недоліків обраних для аналізу видів міського пасажирського транспорту. Що стосується екологічних факторів, то у рік автобус із дизельним двигуном викидає півтори тонни CO₂, тонну оксиду азоту, 500 кг сірки та 200 кг твердих мікрочастинок. Заміна навіть одного автобуса на тролейбус позначиться на стані довкілля. За середнього завантаження доріг частка транспорту загального користування в потоці – 1,5%, у годину пік частка знижується до 0,9%. Основне забруднення повітря походить від приватного транспорту. Якщо забрати всі автобуси взагалі, на екологію це майже не вплине. Тролейбус одержує енергію від електростанцій, які за рік викидають в атмосферу в 1,5 рази більше шкідливих речовин, ніж автобус. Однак ТЕЦ розкидані містом, мають високі труби і їх викиди одразу йдуть у атмосферу. А вихлопна труба автобуса біля землі, і людина дихає цими шкідливими викидами. Звідси наявна перевага тролейбуса.

Виходячи із показників надійності, прийнято вважати, що тролейбус служить у 1,5...2,0 рази довше за автобус. Конструкція тролейбуса простіша – у нього немає трансмісії, бензобака, громіздкого двигуна, оснащений одним невеликим електромотором. Тролейбус простіше обслуговувати, він довше працює. Західні моделі експлуатуються упродовж 12 років. До того ж

електрика обходиться набагато дешевше за дизельне паливо. Однак заводи-виробники, що залишилися в країні, виробляють тролейбуси, в яких доводиться проводити деякі доробки для експлуатації. Якщо за рік на обслуговування одного автобуса йде 52 години, то на один вітчизняний тролейбус потрібно 770 годин. Таким чином, за даним параметром переваги у автобуса.

За економічним фактором, електрика обходиться набагато дешевше від дизельного палива.

За шумовим фактором, нові європейські тролейбуси практично беззвучні – як хороші електромобілі. За якісної шумоізоляції пасажирів в салоні не чують, що відбувається на вулиці. Тим більше, сторонніх шумів менше, ніж від автобуса. І хід у тролейбуса кращий: коробки передач немає, ривків немає, розгін відбувається плавно. Наша практика показує, що від українських тролейбусів шуму (60–80 децибел) лише трохи менше, ніж нових автобусів (75–85 децибел). Якщо взяти до уваги, що фоновий шум вулиці (75 децибел), то різниця практично відсутня. Таким чином, незначна перевага у тролейбуса.

Враховується також фактор швидкості. Проблема міських тролейбусів – старі "стрілки" (там, де дроти розходяться в різні боки). Вони "повільні", їх треба проїжджати зі швидкістю 5 км/год. Через це тролейбуси гальмують транспортний потік. На заміну стрілок треба значні кошти. "Швидких" стрілок, які проїжджаються зі швидкістю 60 км/год, в Україні не виробляє жодне підприємство.

У автобусів такі проблеми відсутні, їм не треба гальмувати на перехрестях перед "стрілками" і водій може розігнатися до 60 км/год. Зазвичай швидкість автобуса обмежена потоком машин. Ще одна перевага автобуса – він мобільний, легко може об'їхати перешкоду, тоді як тролейбус повинен стояти, якщо перед ним (або з ним) щось трапилося. Отже, за цим фактором пріоритет у автобуса. Незважаючи на те, що автобус за деякими складовими порівняння не має над тролейбусом жодних переваг: він більш

"брудний", гучніший, повільніше розганяється – на автобусні перевезення припадає значний пасажирообіг, особливо на маршрутах міста, де відсутній альтернативний транспорт.

Тролейбус як екологічний, "тихий" вид транспорту, має низку переваг. В більшості міст України тролейбусна мережа має значні обсяги. Таким чином, розвиток електричного транспорту відповідає світовій тенденції переходу до екологічного транспорту. На підставі використання методу порівняння по ряду складових, найбільш важливих для оцінки ефективності та прийняття рішення про вибір виду транспорту, проведемо аналіз та узагальнення переваг та недоліків "тролейбус-автобус".

Порівняння системи "тролейбус - автобус" свідчить про переваги тролейбусу. Тролейбус відрізняється важливою перевагою перед автобусом – за рахунок електродвигунів, що мають більший ККД, вони швидше розганяються і можуть розганятися під час руху в гору. Це поряд з екологічністю тролейбуса зробило цей вид транспорту особливо вигідним за умов пересіченої місцевості, де автобуси важко долають підйоми. Сучасні тролейбуси за рівнем комфорту не поступаються автобусам і навіть перевершують їх за рахунок відсутності запаху бензину та наявності вихлопних газів у салоні. Також тролейбуса не забруднює повітря продуктами згоряння; термін служби тролейбуса більший, ніж автобуса; Витрати обслуговування тролейбусного парку менше, ніж обслуговування автобуса.

Але для тролейбусів притаманні наступні недоліки:

- початкові витрати на розгортання тролейбусної мережі вищі, ніж для автобусної;
- тролейбус дуже чутливий до стану дорожнього покриття та контактної мережі, особливо до зледеніння контактного дроту;
- ускладнено обгін одного тролейбуса іншим, якщо це не передбачено контактною мережею;
- тролейбус не може змінювати маршрут, через обмеження контактної

мережі;

- існує небезпека зупинки на знеструмленій ділянці на перетині та тролейбусній стрілці, наприклад, при "підрізання" іншим транспортом;
- контактна мережа тролейбуса дещо псує зовнішність вулиць, особливо в історичних центрах міст.

Основним критерієм вибору виду транспорту є економічний чинник. Проведемо порівняння економічних показників тролейбусного транспорту з автобусом та їхнього впливу на економіку міста.

Електроенергія для 1 км пробігу тролейбуса коштує приблизно 8 грн. (Витрата електроенергії для руху тролейбуса – 2 кВт·год/км). Тарифи для юридичних осіб вищі, тому взято приблизний тариф для юридичних осіб 4,5 грн. за 1кВт·год, відповідно, 8 грн. за кілометр. Дизельне паливо на 1 км пробігу автобуса коштує приблизно 220 грн.

4.4 Збільшення об'єму перевезень пасажирів тролейбусами з динамічною підзарядкою

Обсяг перевезень пасажирів останніми роками порівняно стабільний, проте простежується тенденція пріоритету у тролейбуса і трамвая, тобто. екологічних видів міського транспорту, що підтверджується проведенням аналізом динаміки (рис. 4.9).

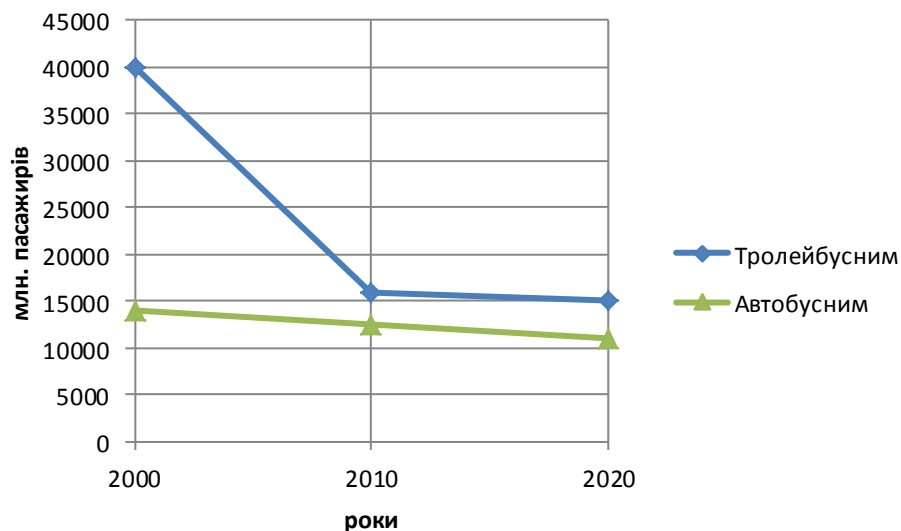


Рисунок 4.9 – Порівняльний характеристика обсягу перевезення пасажирів у місті Кропивницький тролейбусами та автобусами

Менеджери підприємств міського електротранспорту прагнуть покращити імідж тролейбуса у густонаселених районах міста, оскільки характерний шум і вихлопні гази автобусів, які супроводжують їхній рух, порушують спокій мешканців міста. У місцях виникнення шуму та сильної загазованості повітря від автобусів погіршуються умови життєвого середовища. Розглядаються результати дослідження щодо обґрунтування економічної ефективності використання тролейбуса з динамічною підзарядкою (на прикладі міста Кропивницький).

Запропоноване вирішення проблеми полягає у використанні альтернативи автобусу – тролейбуса з динамічною підзарядкою, яке спрямоване на забезпечення наступних переваг:

- помітне зниження негативного впливу на довкілля (відсутність вихлопних газів) – екологічна безпека;
- збільшення пасажирообігу за рахунок більшої місткості тролейбуса в порівнянні з автобусом – вирішення соціальної проблеми;
- можливість ресурсозбереження (економія за рахунок паливної складової).

Однак перехід від автобуса на тролейбус з динамічним підзарядженням потребує додаткових витрат на переобладнання тролейбуса (відповідні акумуляторні батареї) та створення інфраструктури (зарядних пунктів). Ці витрати призначені для вирішення наступних завдань:

- установки в районах зупинок транспорту зарядних пунктів, за допомогою яких тролейбус заряджається (акумуляторні батареї);
- забезпечення необхідної потужності системи підзарядки, що є набором обладнання, комплектація якого дозволяє здійснювати підзарядку тролейбуса з мінімальними простоями;
- забезпечення достатніх, надійних джерел енергопостачання зарядних пунктів.

Головним аргументом на користь тролейбуса з динамічною підзарядкою є те, що введення в експлуатацію такого тролейбуса може бути

здійснено практично «тут і зараз», не потрібно значних інвестицій, оскільки збережено контактну лінію на колишніх тролейбусних маршрутах. Тролейбус "Дніпро Т-203" оснащений автономним пристроєм для підзарядки, який використовується під час руху тролейбуса на безконтактній ділянці маршруту. Таким чином, використання динамічної підзарядки вирішує питання безпересадкової поїздки пасажирів на маршруті завдовжки 14 км, що призводить до економії часу та витрат пасажирів на поїздку.

Тема альтернативних видів міського транспорту гаряче та активно обговорюється вченою спільнотою та практиками, особливо в останні роки. Необхідність розв'язання транспортних проблем в агломераціях обумовлена тією обставиною, що в ряді випадків має місце кризовий стан традиційних видів транспорту, що виявляється в посиленні проблем безпеки та екології, невідповідності провізної спроможності пасажирського транспорту пасажиропотоку. Більше того, актуальність цієї теми визначається соціально-значущим характером міських пасажирських перевезень, пов'язаних із виконанням соціального замовлення.

На основі багаторічних пошуків та накопиченого досвіду експлуатації автобусів, що працюють на різних видах палива, фахівці різних країн зробили висновки за результатами порівняльної експлуатації із застосуванням таких характеристик, як витрата палива, запас ходу в кілометрах, коефіцієнт прискорення, пуск, шумність, вміст CO, вміст NO, собівартість. Країни світу вживають різних заходів щодо скорочення шкідливих викидів в атмосферу. Так, Єврокомісія оголосила про свої плани знизити допустимий рівень викиду вуглекислого газу до 2020 р. до 95 грамів на кілометр для легкових автомобілів, а малих вантажівок – до 147. Єврокомісія підрахувала, що скорочення викидів на 5 грамів допоможе зекономити автовласникам близько 340 євро на бензин на рік.

Сучасні тролейбуси передбачають можливість руху автономно, з опущеними струмоприймачами до 40 кілометрів, що актуально з урахуванням демонтажу контактних мереж у рамках програм "чисте небо" у

містах.

Перерозподіл пасажирообігу на користь тролейбуса має перспективу з огляду на незначний пасажирообіг тролейбусного транспорту порівняно з автобусним (рис. 4.10).

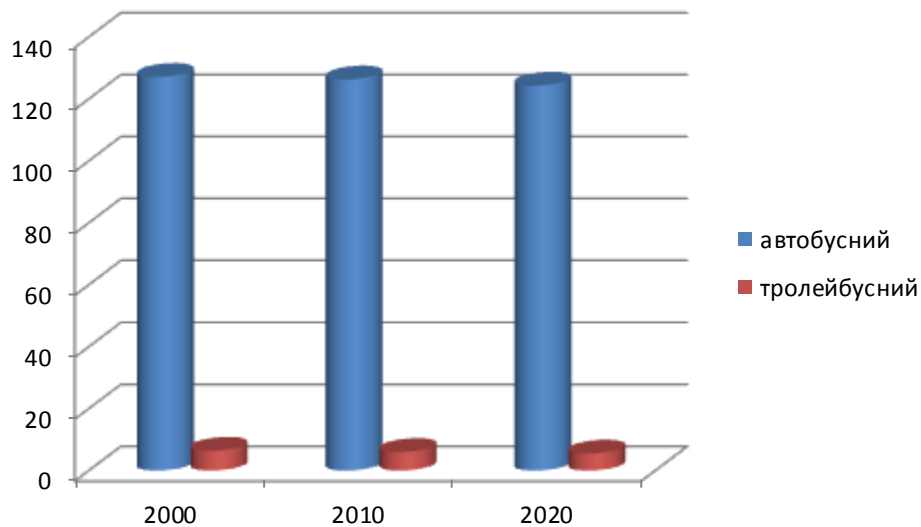


Рисунок 4.10 – Пасажирообіг у місті Кропивницький по видам транспорту загального користування

4.5 Техніко-економічне обґрунтування використання тролейбусів з динамічною підзарядкою в міській мережі для перевезення пасажирів

Проведемо розрахунок собівартості 1 км у тому й іншого видів транспортного засобу. Пробіг середньодобовий – 168,0 км, пробіг за рік 53 760 км, обсяг перевезень пасажирів за добу 960 чол. (тролейбус), 720 чол. (автобус). В основі розрахунків чинні норми та нормативи, ціни на експлуатаційні та ремонтні ресурси, що діють на кінець листопада у місті Кропивницький. Величину собівартості з розрахунку на 1 км визначаємо за формулами:

– при перевезеннях автобусами:

$$C_{\text{авт}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{св}} + Z_{\text{п}} + Z_{\text{мм}} + Z_{\text{ТОіР}} + Z_{\text{ш}} + Z_{\text{то}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{нв}}, \text{ грн./км} \quad (4.1)$$

– при перевезеннях тролейбусами з динамічною підзарядкою:

$$C_{\text{трол}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{св}} + Z_{\text{ерт}} + Z_{\text{мм}} + Z_{\text{ш}} + Z_{\text{ТОіР}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{уккм}} + Z_{\text{утпт}} + Z_{\text{уср}} + Z_{\text{нв}}, \text{ грн./км} \quad (4.2)$$

Результати розрахунку собівартості наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку за статтями собівартості, грн/км

Показники собівартості	Ум. позначення		Значення автобусу	Значення тролейбусу
	Авт.	Трол.		
Витрати на оплату праці водіїв та кондукторів	$Z_{\text{от}}$	$Z_{\text{от}}$	13,1	5,42
Відрахування на соціальні потреби	$Z_{\text{св}}$	$Z_{\text{св}}$	2,88	1,42
Витрати – на паливо для автобусів; – на електроенергію на рух тролейбусів	$Z_{\text{п}}$	$Z_{\text{ерт}}$	2,13	4,66
Витрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали для автобусів/тролейбусів	$Z_{\text{мм}}$		2,59	0,14
Витрати на знос та ремонт шин	$Z_{\text{ш}}$	$Z_{\text{ш}}$	6,18	0,50
Витрати на ТО та ремонт автобусів/тролейбусів	$Z_{\text{ТОіР}}$	$Z_{\text{ТОіР}}$	3,26	2,96
Амортизаційні відрахування	$Z_{\text{ам}}$	$Z_{\text{ам}}$	7,83	7,07
Витрати на утримання контактної мережі тролейбуса	–	$Z_{\text{уккм}}$	–	1,11
Витрати утримання тягових підстанцій тролейбуса	–	$Z_{\text{утпт}}$	–	0,41
Витрати на утримання служби руху тролейбуса	–	$Z_{\text{уср}}$	–	0,15
Накладні витрати	$Z_{\text{нв}}$	$Z_{\text{нв}}$	3,21	2,22
Всього	$C_{\text{авт}}$	$C_{\text{трол}}$	41,18	26,06

Можна бачити, що собівартість використання тролейбусів з динамічною підзарядкою у 1,5...1,7 разів менша від автобусів МАЗ-203, МАЗ-206. В той час такі тролейбуси практично екологічно не порушують обстановку у м. Кропивницький.

Висновки до четвертого розділу

1. Приведені результати експериментальних досліджень складу

відпрацьованих газів транспортних засобів Маз-203 і МАЗ-206 на маршрутах м. Кропивницький.

Визначено, що транспортні засоби МАЗ-203 у порівнянні з МАЗ-206 в більшій степені забруднюють навколишнє середовище CO, CH, NO і твердими частинками сажі.

2. Досліджено на екологічні фактори найбільш забруднена ділянка маршрутної мережі у м. Кропивницький по вулиці В. Перспективна. Щоб зменшити негативний вплив транспортних засобів МАЗ-203 і МАЗ-206 запропоновано створити на цій ділянці режим руху "зелена хвиля".

3. Проаналізовано використані на маршрутах пасажироперевезень тролейбусів, їх обсяг перевезень у порівнянні з автобусами. Основна увага приділена при розв'язанні екологічної проблеми тролейбусам з динамічною підзарядкою. Виділено основні переваги і недоліки. Вибір зроблено на користь тролейбусів з динамічною підзарядкою.

4. Показано, що у м. Кропивницькому збільшується об'єм перевезень пасажирів саме тролейбусом з динамічною підзарядкою, парк яких безперервно збільшується.

5. Розрахунок техніко-екологічної ефективності використання тролейбусів з динамічною підзарядкою здійснює вибір на користь цього виду транспортного засобу. При цьому собівартість перевезень пасажирів автобусом МАЗ-203 складає 41,18 грн/км, а тролейбусом "Дніпро Т-203" – 26,06 грн/км.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано ступінь забруднення на маршрутах міста Кропивницький автобусів МАЗ-203 і МАЗ-206.

2. Актуальність виконаного дослідження відповідає тренду на оздоровлення екологічної ситуації міста. Досить сказати, що 91,3% забруднень повітря відбувається у результаті роботи автомобільного транспорту, 3,7% – електричного. Автомобіль витрачає на 900 км пробігу повітря стільки ж, скільки людина за рік.

3. Основні шляхи зменшення шкоди від вихлопних газів: заміна бензину на газ, спирти, вуглеводневе паливо не на нафтовій основі, а особливо на електроенергію та водень, добавки до палива, електронна система запалювання тощо. Обмеження споживання дизельного палива та мастил для автобуса визначає екологічну безпеку в майбутньому. У цьому випадку це застосування тролейбуса з динамічною підзарядкою.

4. Проведене порівняння альтернативних видів міського пасажирського транспорту показало, що застосування тролейбуса з динамічною підзарядкою доцільно з точки зору меншої собівартості, а також економії за рахунок паливної складової (під час руху на безконтактній ділянці мережі).

5. Користь отриманих результатів для потенційних споживачів послуг пасажирського транспорту, що надаються за допомогою використання тролейбусів з динамічною підзарядкою, полягає в усвідомленні споживачами екологічної обстановки, що загострюється, причому її усвідомлення суспільством сприятиме збільшенню збуту пасажирських послуг із застосуванням дружнього до навколишнього середовища. виду транспорту та тим самим зростання обсягів продажу послуг пасажирського транспорту при виконанні ним соціального замовлення за відповідної інфраструктури.

6. У процесі впровадження на міських маршрутах тролейбусів з динамічною підзарядкою вирішуються такі стратегічні завдання для міської агломерації:

- створюється технічна база для організації бездротового руху тролейбуса міськими маршрутами;
- на тролейбусах формується система обладнання для підзарядки та руху в автономному режимі незалежно від контактної мережі;
- сфера застосування таких тролейбусів, хоча в даний час і обмежена відсутністю інфраструктури (зарядних пунктів), але може знайти розширене застосування за умови створення мережі зарядних пунктів на території міських агломерацій на існуючих та перспективних маршрутах міського тролейбусного транспорту.

7. Запропоновані в результаті дослідження рекомендації щодо формування алгоритму вибору та покрокової інструкції процедури порівняння виду транспорту, що відрізняються комплексним підходом до оцінки показників експлуатації та апробовані на прикладі реального міського маршруту, надають методичний інструментарій менеджерам транспортних управлінь та підприємств для обґрунтування прийнятих рішень щодо альтернативних видам транспорту, економічним та нешкідливим до навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ребров С.А. Устройство и техническая эксплуатация троллейбусов – изд. 2-е. К.: Бу- дівельник, 1972. С. 21-25.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.
5. Методичні вказівки з науково-дослідної практики: для здобувачів за освітньо-професійної програми "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (автомобільний транспорт) денної та заочної форми навчання / уклад.: В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб, А.П. Голованов; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 29 с.
6. Методичні вказівки для виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів за освітньо-професійної програми "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) денної та заочної форми навчання / уклад.: В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб, Д.В. Вінницький; під заг. редакцією д.т.н., проф. Ауліна В.В. М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. –

Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 42 с.

7. Andreas Gassner, Jakob Lederer, Georg Kanitschar, Markus Ossberger, Johann Fellner, Extended ecological footprint for different modes of urban public transport: The case of Vienna, Austria, Land Use Policy, Volume 72, 2018, Pages 85-99.

8. Hołyszko, P., Filipek, P. Z. (2016). ESTIMATION OF THE RUNNING COSTS OF AUTONOMOUS ENERGY SOURCES IN TROLLEYBUSES. Journal of Ecological Engineering, 17(5), 101-106.

9. Barbosa, F., "Modern Trolleybus Systems as a Technological Option for Greening Bus Corridors - A Technical Economical Assessment," SAE Technical Paper 2016-36-0177, 2016.

10. Lech Borowik, Artur Cywiński, Modernization of a trolleybus line system in Tychy as an example of eco-efficient initiative towards a sustainable transport system, Journal of Cleaner Production, Volume 117, 2016, Pages 188-198.

11. Матейчик В.П., Цюман Н.П. Особливості моделювання показників екологічної безпеки транспортного засобу при русі в потоці // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк: НТУ, 2016. Вип.1 (5). С. 99-103.

12. Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України [Електронний ресурс]. http://urbanreform.org.ua/wp-content/uploads/2016/09/transport-ukr4_small.pdf.

13. Екологічні проблеми транспортної галузі: погляд громадськості [Електронний ресурс]. <http://www.ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2011/item/68-ekolohichni-problemy-transportnoi-haluzi-pohliad-hromadskosti>.

14. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Держкомстату № 452 від 13.11.2008.

15. Беккер У. Экология транспорта. Verkehrsokologie / У. Беккер, В. М.,

Лебедев, Н. Шотт. – Дрезден: Типография ТУ Дрездена, 2004. – 106 с.

16. Бойченко С. В. Сполуки сірки у складі моторних палив. Вплив на навколишнє середовище під час експлуатації транспортних засобів. / С. В. Бойченко, Т. В. Медведєва, С. В. Іванов // Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. – 2005. – No 2. – С. 63–65.

17. Забишний Я. О. Дослідження методів оцінки і прогнозування впливу автотранспорту на довкілля / Я. О. Забишний, Я. М. Семчук, Б. В. Долішній, В. М. Мельник / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2016. - No 2. - С. 146-152.

18. Ващинська О.А., Мартинюк О.І. Нові ресурсозберігаючі технології у громадському транспорті// 3Міжнародна науково-технічна конференція. Актуальні проблеми енергоресурси збереження. Одеса. ОДАБА,2019,с.111

19. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. No 430-р.: із змін., внес. Розпорядженням No 321-р від 07.04.2021. Законодавство України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p>.