

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему: **Оптимізація розташування зупиночних пунктів міського
пасажирського транспорту м. Рівне**

Виконав: студент 6 курсу, групи МНм-61
спеціальності 275 «Транспортні технології»
(шифр і назва спеціальності)

Студент

(підпис)

Гбур А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дзюра В.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Плекан У.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Зав. каф.

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Автомобілів

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри О.П. Цьонь

«29» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гбур Андрій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація розташування зупиночних пунктів міського
пасажирського транспорту м. Рівне

керівник проекту (роботи) Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «11» листопада 2024 року № 4/7-1081

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Схема вулично-дорожньої мережі міста; розташування зупиночних пунктів;

Дані щодо пасажиропотоків.

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

Вступ. 1. Теоретичний розділ. 2. Аналітико-дослідницький розділ;

3. Проектно-рекомендаційний розділ; 4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз формування маршрутної системи; Узагальнена схема автоматизованої технології
розробки маршрутної системи

Характеристика автобусних маршрутів м. Рівне

до аналізу особливостей організації руху транспорту протягом дня

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Окіпний І.Б., доцент</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Стручок В.С., ст. викладач</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Теоретичний розділ</i>	<i>15.11.2024</i>	
2	<i>Аналітико-дослідницький розділ</i>	<i>22.11.2024</i>	
3	<i>Проектно-рекомендаційний розділ</i>	<i>05.12.2024</i>	
4	<i>Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>19.12.2024</i>	

Студент _____
(підпис)Гбур А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Дзюра В.О.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Методи формування мережі зупинок громадського транспорту у містах	7
1.2 Аналіз досвіду формування маршрутних систем пасажирських перевезень	13
1.2.1. Досвід розвинених країн у формуванні маршрутних систем	14
1.2.2 Сучасні тенденції у формуванні маршрутних систем	17
1.3 Узагальнений досвід автоматизованого проектування маршрутних систем	22
1.4 Висновки і постановка завдань на кваліфікаційну роботу	26
2 АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Загальна характеристика існуючих маршрутів	27
2.2 Параметрична оцінка міських маршрутів	33
2.3 Моделювання роботи зупиночних пунктів на ВДМ	38
2.4 Проведення оптимізації довжини перегону між зупиночними пунктами	42
3 ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Вибір оптимального режиму руху автобусів на маршрутах: обґрунтування рішення.	51
3.2 Економічна ефективність від впровадження комбінованого режиму руху	55
3.3 Економічні витрати, пов'язані з потребою у нових автобусах	58
3.4. Напрями вдосконалення маршрутної мережі міста	65

4	ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1	Безпека праці при керуванні автобусом для перевезення пасажирів	66
4.2	Безпека у надзвичайних ситуаціях	68
4.3	Автомобільний транспорт та навколишнє середовище	70
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	77

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 94 сторінки.

Основна мета дослідження полягає в удосконаленні розташування зупинок міського громадського транспорту в місті Рівне.

У першому розділі проведено аналіз поточного розташування зупинок міського транспорту. Розглянуто особливості побудови маршрутних систем пасажирських перевезень, досвід їх організації та узагальнено методи автоматизованого проектування маршрутних систем. Також запропоновано шляхи підвищення ефективності автобусних перевезень у міських умовах.

Другий розділ присвячено формуванню маршрутної системи громадського транспорту в м. Рівне. Проведено аналіз характеристик автобусних маршрутів та їх параметричну оцінку.

У третьому розділі описано створення бази даних для моделювання функціонування зупинок, обґрунтовано вибір режимів руху автобусів на маршрутах, а також виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження комбінованого режиму руху. Додатково визначено витрати на придбання додаткового рухомого складу.

Четвертий розділ зосереджений на питаннях охорони праці водіїв автобусів, заходах пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: громадський транспорт, зупинки, моделювання, режими руху.

ВСТУП

Європейська транспортна політика до 2020 року зосереджувалася на вдосконаленні міських пасажирських перевезень, вирішуючи ключові проблеми: підвищення безпеки дорожнього руху, зменшення інтенсивності трафіку, боротьбу з шумовим забрудненням та забрудненням повітря, а також забезпечення якісного задоволення потреб населення у транспортних послугах. Основна мета цієї політики полягала у створенні збалансованої транспортної системи, яка мінімізує негативний екологічний вплив, підвищує швидкість та безпеку пересування в містах.

В Україні до кінця XX століття міські пасажирські перевезення розвивалися в рамках комплексного підходу до містобудування та транспортного планування відповідно до єдиної державної транспортної політики. Це сприяло формуванню ефективної системи міського транспорту. Однак соціально-економічні зміни, зрушення у пріоритетах господарювання та цінностях суспільства, а також недосконалість транспортного законодавства і кризові явища призвели до часткової руйнації цієї системи. Різке зростання рівня автомобілізації населення, хаотичні рішення у формуванні маршрутної мережі, залучення малодосвідчених приватних перевізників із транспортом малої місткості та ігнорування чинного законодавства лише посилили проблеми міських перевезень.

Для подолання цих викликів сучасна транспортна політика повинна орієнтуватися на інтегровані підходи до організації пасажирських перевезень. Важливими кроками є впровадження інтелектуальних транспортних систем, що дозволяють ефективніше управляти трафіком, розвиток екологічно чистих видів транспорту, таких як електробуси, тролейбуси чи системи метрополітену. Також доцільно стимулювати використання громадського транспорту через розвиток сучасної інфраструктури, зокрема спеціалізованих смуг для громадського транспорту, зручних пересадкових вузлів і єдиної системи оплати.

Покращення якості перевезень вимагає також підвищення вимог до приватних перевізників, що включає контроль за технічним станом транспорту, професійним рівнем водіїв і дотриманням графіків руху. Важливим залишається питання створення правового середовища, яке сприятиме розвитку сталих транспортних систем, орієнтованих на потреби громадян і зменшення екологічного навантаження на міське середовище.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Методи формування мережі зупинок громадського транспорту у містах

Формування мережі зупинок громадського транспорту у містах

Формування ефективної мережі зупинок громадського транспорту є невіддільною частиною розвитку міських пасажирських перевезень. Зупинки відіграють ключову роль у забезпеченні зручності пересування, доступності транспорту для всіх категорій населення та оптимізації роботи транспортної системи в цілому. Грамотно спроектована мережа зупинок сприяє скороченню часу поїздки, підвищенню комфорту пасажирів, зменшенню навантаження на транспортну інфраструктуру та екологічному впливу на міське середовище.

Основні принципи формування мережі зупинок

Розробка мережі зупинок базується на декількох ключових принципах. По-перше, забезпечення доступності є основоположним завданням. Зупинки повинні розташовуватися на такій відстані одна від одної, яка дозволяє пасажирам дістатися до них за 5–10 хвилин пішки (оптимально — 400–500 м у житлових районах, до 200–300 м у густонаселених зонах).

По-друге, особливу увагу слід приділяти безпеці пішоходів. Це передбачає облаштування пішохідних переходів, наявність світлофорів, огорож та інших елементів безпеки.

Комфорт пасажирів також має бути пріоритетом. Зупинки повинні забезпечувати захист від погодних умов (навіс, лавки), інформування про графік транспорту (електронні табло або розклади), а також мати достатнє освітлення у вечірній час. Важливим є врахування потреб людей з обмеженими можливостями — наявність пандусів, низьких платформ і доступного входу на зупинки.

Раціональність у проектуванні мережі зупинок передбачає врахування особливостей міської топографії, щільності забудови, місць зосередження

пасажиropотоків (офіси, лікарні, навчальні заклади, торгівельні центри), а також інтеграцію з іншими видами транспорту.

Етапи формування мережі зупинок

Аналіз існуючої інфраструктури. На початковому етапі проводиться обстеження наявних маршрутів та зупинок. Оцінюється їх відповідність стандартам, технічний стан, рівень доступності та зручності для пасажирів.

Дослідження пасажиропотоків. Виконується збір і аналіз даних про інтенсивність пасажиропотоків у різний час доби. Вивчається концентрація пасажирів у різних районах міста.

Проектування зупинок. Визначаються оптимальні місця розташування зупинок на основі аналізу попередніх даних. Враховується транспортна доступність, потреби пасажирів та вимоги безпеки.

Інтеграція сучасних технологій. Сучасна мережа зупинок передбачає використання інформаційних табло, систем моніторингу транспорту, автоматизованих систем обліку пасажирів та мобільних додатків.

Виклики у формуванні мережі зупинок

Сучасні міста стикаються з низкою проблем під час створення або вдосконалення мережі зупинок. Це, зокрема, нерівномірний розподіл зупинок у різних районах міста, відсутність належної інфраструктури для людей з обмеженими можливостями, неправильне розташування зупинок, що створює небезпеку для пішоходів і ускладнює дорожній рух. Часто спостерігається недотримання стандартів облаштування зупинок, що знижує їхню функціональність.

Відсутність інтеграції зупинок із системами велосипедного та громадського транспорту також обмежує можливості пересування мешканців міста. Наприклад, відсутність зручних пересадкових вузлів чи погано налагоджена система синхронізації руху транспорту створюють додаткові незручності для пасажирів.

Світовий досвід у проектуванні мережі зупинок

У розвинених країнах, таких як Німеччина, Швеція, Нідерланди, широко впроваджуються інтелектуальні транспортні системи, які інтегрують дані з GPS, автоматизованих систем обліку та мобільних додатків. Наприклад, у Копенгагені зупинки оснащені цифровими табло, що відображають час прибуття транспорту в реальному часі, а також пандусами та велосипедними парковками.

У Стокгольмі зупинки інтегровані зі станціями метро та іншими видами транспорту, що дозволяє пасажиром швидко здійснювати пересадки. Такі системи оптимізують час поїздок, підвищують комфорт і сприяють зниженню використання приватного транспорту.

Рекомендації для розвитку мережі зупинок в українських містах

Українські міста повинні зосередитися на комплексному підході до розвитку мережі зупинок громадського транспорту. Це включає регулярний моніторинг пасажиропотоків, впровадження сучасних стандартів облаштування зупинок, інтеграцію з іншими видами транспорту та розвиток систем інформування пасажирів.

Інвестиції в інфраструктуру зупинок, такі як електронні табло, освітлення, навіси та лавки, сприятимуть зручності пасажирів. Важливо також впроваджувати технології, які дозволяють пасажиром в реальному часі відстежувати розклад транспорту. Особливу увагу слід приділити доступності зупинок для людей з обмеженими можливостями, літніх людей та батьків із дитячими колясками.

Таким чином, формування ефективної мережі зупинок громадського транспорту є важливим компонентом для створення зручної, безпечної та екологічно стійкої транспортної системи, яка відповідає сучасним потребам населення та сприяє сталому розвитку міського середовища.

Постійний розвиток міської інфраструктури супроводжується інтенсифікацією процесів, які забезпечують функціонування міського середовища. Однак транспортна проблема стає дедалі актуальнішою через зростання потреб населення у переміщенні, які випереджають можливості

розвитку дорожньої мережі та вдосконалення технологій транспортного обслуговування. Таким чином, завдання підвищення ефективності та якості транспортного обслуговування залишається ключовим у розвитку міст.

Складність проблеми посилюється багаторівневим та багатофункціональним характером маршрутних систем (МС), децентралізацією планування і управління, а також динамічним і ймовірнісним характером транспортних процесів. Особливістю функціонування МС є активність об'єкта управління, що вимагає врахування багатьох соціально-економічних, психологічних і технічних чинників. Відмінною рисою цієї проблеми є те, що різні аспекти роботи МС часто досліджуються незалежно фахівцями з різних галузей транспортної науки. Такий підхід ускладнює комплексне вирішення завдань, оскільки оптимальне планування транспортних процесів потребує врахування взаємозалежності всіх факторів, що впливають на функціонування системи.

На жаль, сучасний стан досліджень характеризується відсутністю єдиної класифікації транспортних процесів за їхньою важливістю та терміновістю. До того ж, існує термінологічна непорядкованість і дублювання експериментальних та теоретичних розробок, що уповільнює прогрес у вирішенні нагальних транспортних проблем [13, 14, 16, 22, 23].

Маршрутна система (МС) міського транспорту визначається як сукупність функціональних елементів і зв'язків між ними, які забезпечують перевезення пасажирів усіма видами міського транспорту.

Доповнення тематичним матеріалом

Для подолання вищезазначених проблем необхідно впроваджувати інноваційні підходи до планування й управління транспортними системами. Наприклад, використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) дозволяє автоматизувати процеси аналізу та управління транспортними потоками, інтегруючи дані з різних джерел, таких як GPS, датчики трафіку та інформаційні системи пасажирів.

Важливим кроком є створення єдиної методології класифікації транспортних процесів, яка базуватиметься на врахуванні взаємозалежності соціально-економічних, технічних і екологічних аспектів функціонування транспортних систем. Крім того, слід розробити стандартизовану термінологію для узгодження підходів до досліджень і впровадження нових технологій у транспортній сфері.

Комплексний підхід до розвитку маршрутних систем передбачає:

оптимізацію маршрутної мережі для зменшення перевантаженості доріг;
інтеграцію різних видів транспорту (автобуси, тролейбуси, трамваї, метро) у єдину систему;

стимулювання використання екологічно чистих видів транспорту, таких як електробуси та велосипеди;

впровадження систем моніторингу та управління трафіком у реальному часі.

Таким чином, удосконалення маршрутних систем у містах вимагає системного підходу, що враховує всі аспекти функціонування транспорту: технічний, соціальний, економічний та екологічний. Це дозволить створити ефективну, безпечну й екологічно сталу транспортну інфраструктуру, яка відповідатиме сучасним вимогам міського середовища.

Маршрутна система (МС) міста включає транспортну інфраструктуру, обладнання та транспортні засоби, які забезпечують перевезення пасажирів — основних клієнтів системи та учасників руху. Вона характеризується геометричними параметрами, топологією, витратами на облаштування і регулювання руху. Основним елементом МС є люди, які виступають у ролі пішоходів і пасажирів. Їхня присутність робить систему організаційною, відмінною від суто технічних систем, завдяки здатності адаптуватися до нових умов та змінювати поведінку залежно від ситуації.

Функціонування МС базується на впорядкованій організації транспортних процесів, що включає правила і умови взаємодії між її елементами. Ці процеси визначають можливість руху в системі та залежать від

технологій перевезень і способу реалізації маршрутної мережі. Особливість системи полягає в колективній поведінці учасників, яка формується з індивідуальних рішень кожного і відображає поведінкову модель суспільства.

Цільова функція клієнтів транспортної системи включає важливі фактори, такі як час пересування, комфорт, вартість проїзду, безпека, безперервність руху, кількість пересадок, регулярність поїздок і час очікування. Активність учасників руху забезпечує формування стійких режимів функціонування системи, оскільки зовнішні збурення компенсуються на рівні індивідуальних адаптаційних рішень. Це забезпечує гнучкість і стабільність транспортної системи, дозволяючи їй ефективно виконувати свої функції навіть у змінних умовах.

Маршрутна система (МС) є унікальною системою, де масова і колективна поведінка клієнтів — пасажирів — виступає ключовим чинником, що формує закономірності її функціонування. Самоорганізація клієнтів у межах МС створює кілька стійких рівнів функціонування, які формують ієрархічну структуру адаптації з різними рівнями стабільності. Завдяки цим властивостям МС є традиційною сферою для застосування імітаційного моделювання.

Останнім часом формування міських маршрутних систем активно використовує моделювання для планування роботи міського транспорту. Основні завдання цього підходу включають визначення попиту на перевезення через моделювання пасажирських кореспонденцій, розподіл попиту між різними маршрутами та проектування ефективних маршрутних систем.

Складність МС визначається масовою поведінкою її клієнтів, які приймають індивідуальні рішення щодо вибору маршруту і способу пересування. Такі фактори, як зміна місця роботи чи проживання, істотно впливають на розселення населення і є джерелом формування нових пасажирських кореспонденцій. МС, таким чином, демонструє динамічний і

адаптивний характер, що підкреслює важливість комплексного підходу до її проектування та моделювання.

Інформація про пасажирські кореспонденції переважно отримується шляхом обстежень пасажиропотоків, що є складним і трудомістким завданням, а часто й неможливим для реалізації. Тому в практиці планування та управління міським пасажирським транспортом (МПТ) дедалі більшого значення набувають розрахункові методи. Ці методи базуються на гіпотезах щодо закономірностей формування й реалізації пасажирських кореспонденцій.

У міжнародній практиці широко використовуються гравітаційні моделі, тоді як у вітчизняній — методи, що ґрунтуються на моделях масової поведінки. В Україні перші дослідження щодо визначення попиту на пасажирські перевезення з'явилися в 1960-х роках, що стало можливим завдяки розвитку обчислювальної техніки. Це дало змогу реалізувати складні алгоритми, необхідні для моделювання.

Розвиток громадського транспорту в Україні в 1960–1980-х роках сприяв становленню вітчизняної школи моделювання міських пасажирських систем. Основні досягнення цього періоду стосувалися створення, обґрунтування та аналізу моделей визначення попиту на перевезення в міських умовах, а також оптимізації транспортних мереж. Однак у середині 1980-х років дослідження в цьому напрямку суттєво скоротилися, а в 1990-х роках майже повністю припинилися.

1.2. Аналіз досвіду формування маршрутних систем пасажирських перевезень

Маршрутні системи пасажирських перевезень є важливим елементом міської транспортної інфраструктури, забезпечуючи потреби населення в мобільності, сприяючи розвитку економіки, соціальних зв'язків і культурного обміну. Формування ефективних маршрутних систем має вирішальне

значення для підвищення якості життя громадян, оптимізації використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля. У цьому розділі буде здійснено аналіз досвіду формування маршрутних систем у різних країнах світу та в Україні, виявлено ключові підходи та тенденції, а також окреслено сучасні виклики й перспективи розвитку.

1. Загальні підходи до формування маршрутних систем

Процес формування маршрутних систем пасажирських перевезень базується на кількох ключових принципах:

Доступність. Зупинки мають бути розташовані на такій відстані, щоб забезпечувати пішохідний доступ для більшості населення.

Оптимізація маршрутів. Мінімізація дублювання маршрутів та створення ефективних схем пересадок.

Інтеграція видів транспорту. Залучення різних видів транспорту (автобуси, тролейбуси, трамваї, метро) в єдину мережу.

Гнучкість і адаптивність. Системи повинні враховувати зміни в міському середовищі, включаючи урбанізацію, економічні процеси та екологічні вимоги.

Основними чинниками, які впливають на формування маршрутних систем, є демографічна структура населення, щільність забудови, топографічні особливості, рівень розвитку транспортної інфраструктури, фінансові ресурси, доступність технічних засобів та політична воля місцевих урядів.

1.2.1. Досвід розвинених країн у формуванні маршрутних систем

Європейський підхід

Європейські країни, зокрема Німеччина, Франція, Швеція та Нідерланди, відомі своїм інтегрованим підходом до формування маршрутних систем. Основні характеристики європейського підходу включають:

Інтеграція транспорту. У містах, таких як Берлін чи Відень, маршрутні системи об'єднують різні види транспорту через єдиний квиток, синхронізовані розклади та пересадкові вузли.

Екологічність. Значна увага приділяється розвитку екологічно чистого транспорту, такого як електробуси, тролейбуси, трамваї та велосипеди.

Гнучке планування. У містах створюються транспортні коридори, які можуть змінюватися залежно від пасажиропотоків.

Досвід Азії

Міста Азії, такі як Сеул, Токіо чи Сінгапур, демонструють інноваційні підходи до формування маршрутних систем:

Висока щільність транспорту. У мегаполісах з великою кількістю населення створюються багаторівневі маршрутні системи, які охоплюють як наземний, так і підземний транспорт.

Технологічні інновації. Впровадження систем моніторингу в реальному часі, автоматизованих систем управління та мобільних додатків для пасажирів.

Оптимізація пересадок. У великих містах розробляються спеціальні хаби, які дозволяють пасажирам швидко пересідати з одного виду транспорту на інший.

Досвід США

У США маршрутні системи розвиваються за принципом забезпечення максимальної зручності для пасажирів:

Пріоритет приватного транспорту. У деяких містах автобуси та інші види громадського транспорту створюють спеціальні смуги руху для зменшення заторів.

Розвиток субурбанізації. Створення маршрутних систем для забезпечення доступу жителів передмість до центрів міст.

Особливості формування маршрутних систем в Україні

Радянський спадок

Сучасні маршрутні системи в Україні значною мірою базуються на принципах, закладених у радянський період. Тоді основна увага приділялася забезпеченню перевезення пасажирів на соціально значущих напрямках. Основними характеристиками були:

Масова орієнтація. Пріоритет мав громадський транспорт із великою місткістю (тролейбуси, трамваї).

Централізоване управління. Планування та розвиток маршрутів здійснювалися державними органами без урахування ринкових умов.

Сучасні виклики

Після 1990-х років в Україні з'явилися приватні перевізники, які суттєво змінили структуру маршрутних систем. Основними проблемами стали:

Незбалансованість мережі. Відсутність інтеграції між різними видами транспорту.

Відсутність екологічних стандартів. Використання автобусів старого зразка з високим рівнем викидів.

Низький рівень комфорту. Недостатнє облаштування зупинок і відсутність сучасних систем інформування пасажирів.

Інновації та перспективи

У деяких містах, таких як Київ, Львів та Вінниця, активно впроваджуються нові підходи до формування маршрутних систем. Це включає:

Впровадження електронних квитків і GPS-моніторингу.

Розвиток інтегрованих транспортних мереж із урахуванням пересадкових вузлів.

Модернізацію рухомого складу з використанням екологічно чистих транспортних засобів.

1.2.2 Сучасні тенденції у формуванні маршрутних систем

Автоматизація планування. Використання імітаційного моделювання для прогнозування пасажиропотоків і оптимізації маршрутів.

Екологічність. Перехід на електробуси та розвиток інфраструктури для велосипедного транспорту.

Інтеграція технологій. Використання мобільних додатків і систем навігації для полегшення доступу до транспорту.

Орієнтація на пасажирів. Поліпшення умов для пасажирів, включаючи облаштування зупинок, скорочення часу очікування та підвищення комфорту.

Аналіз досвіду формування маршрутних систем пасажирських перевезень демонструє важливість комплексного підходу, що враховує специфіку кожного міста, соціальні потреби населення та сучасні технологічні можливості. Розвинені країни надають приклад інтегрованих, екологічно чистих і орієнтованих на пасажирів систем. Україна має великий потенціал для вдосконалення маршрутних мереж, особливо з урахуванням сучасних викликів та перспектив впровадження інновацій.

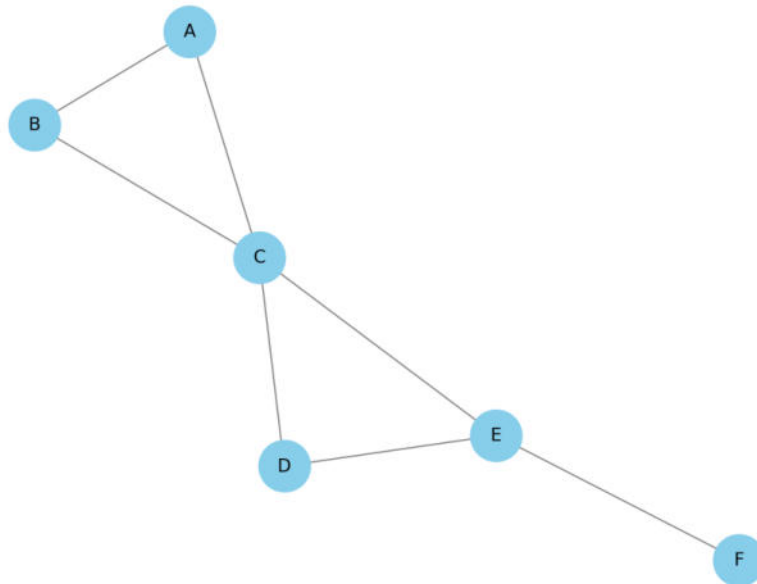


Рисунок 1.1. Типова схема бакової маршрутної мережі.

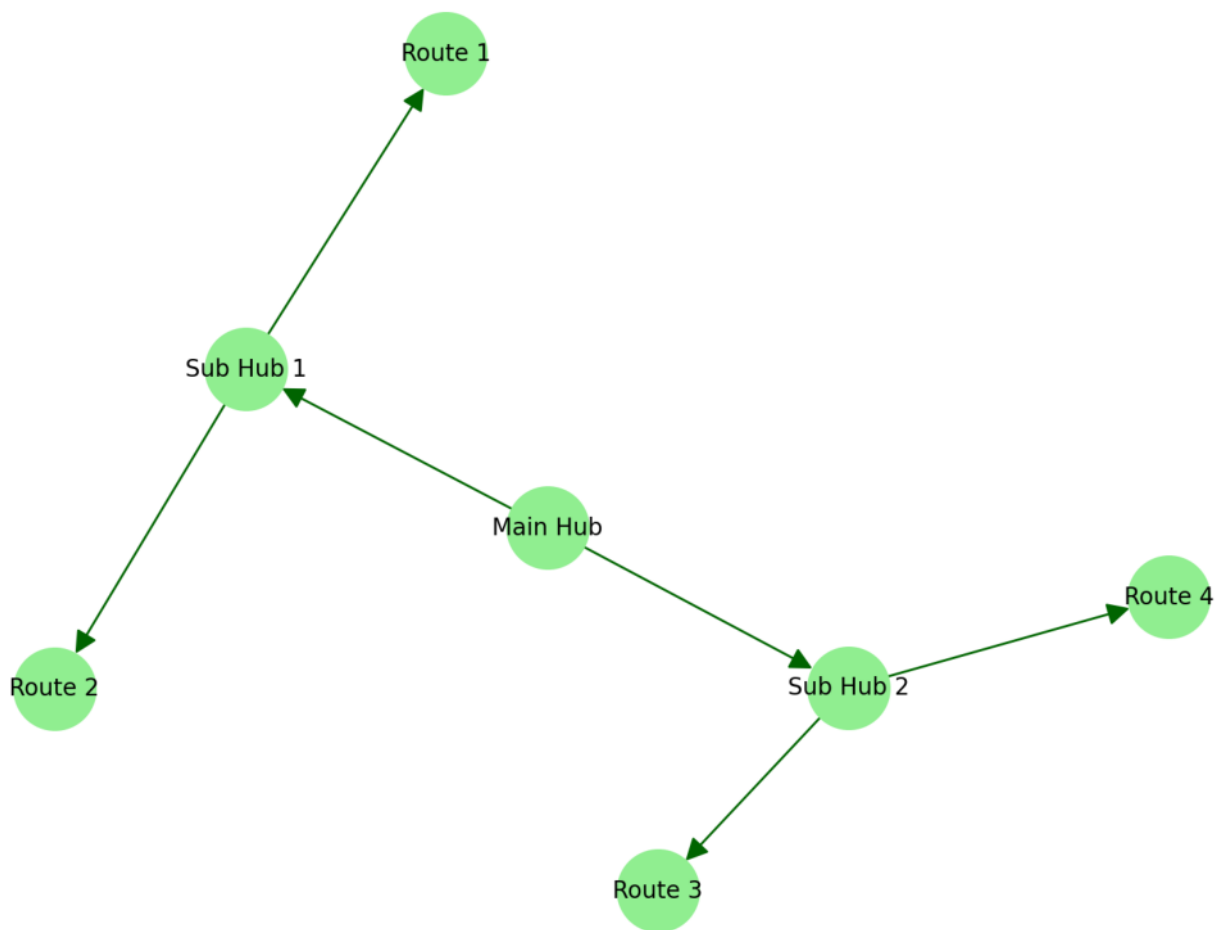


Рисунок 1.2. Ієрархічна система маршрутів

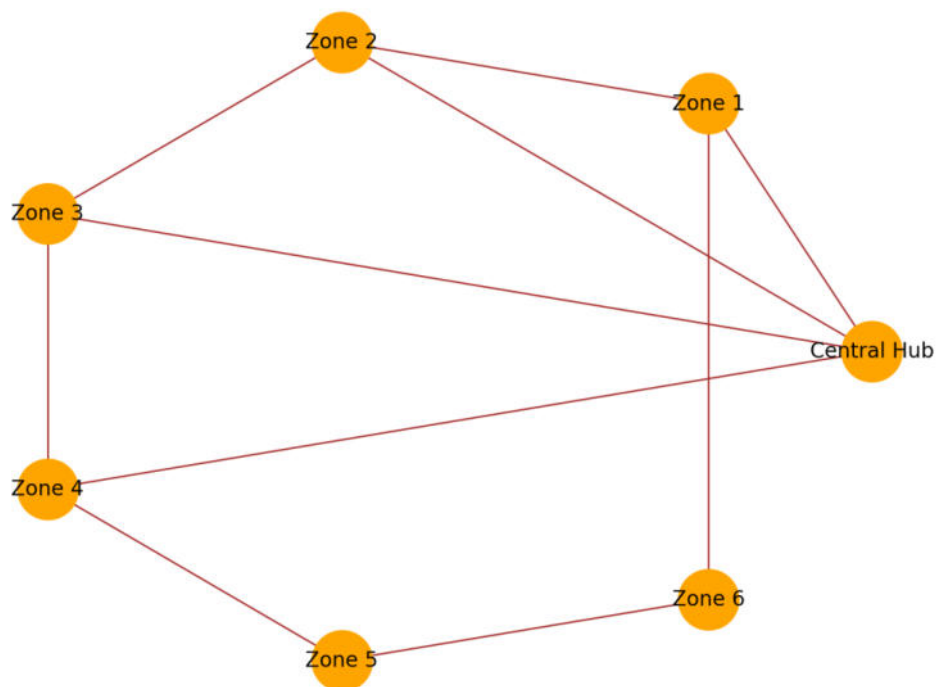


Рисунок 1.3. Кільцева система міського транспорту

Існують три основних схеми для відображення формування маршрутних систем пасажирських перевезень:

Базова маршрутна мережа: Ілюструє просту транспортну систему з декількома взаємопов'язаними маршрутами, характерну для невеликих міст або районів із низькою щільністю пасажиропотоку.

Ієрархічна система маршрутів: Показує багаторівневу структуру, де основний вузол (хаб) пов'язаний із підвузлами, які обслуговують локальні маршрути. Така система поширена в великих містах для організації транзитних перевезень.

Кільцева система міського транспорту: Демонструє маршрутну мережу в місті з кільцевими маршрутами, які забезпечують з'єднання між зонами навколо центрального вузла. Це характерно для міст із високою щільністю забудови.

Ці схеми наочно показують різні підходи до проектування маршрутних систем залежно від характеристик міського середовища та транспортних потреб.

Опис підходів до формування маршрутних систем пасажирських перевезень

1. Базова маршрутна мережа

Цей підхід підходить для невеликих міст або районів із низькою щільністю населення. Основні характеристики базової маршрутної мережі:

Прямі маршрути: З'єднують ключові точки, такі як центральні площі, залізничні вокзали, лікарні або торгові центри.

Мінімальна складність: Структура маршруту передбачає невелику кількість пересадок.

Локальне обслуговування: Основна увага приділяється забезпеченню потреб місцевого населення без інтеграції з регіональними чи національними системами.

Гнучкість: Через низьку щільність трафіку маршрути можуть адаптуватися до змін у попиті або тимчасових обмежень.

У невеликих містах з населенням до 100 тисяч, де маршрутні системи орієнтовані на локальні потреби, такі схеми є основним типом транспортної організації.

2. Ієрархічна система маршрутів

Ієрархічна структура є характерною для середніх і великих міст, де існує потреба у взаємодії між локальними та магістральними маршрутами. Основні особливості:

Основні вузли (хаби): Зони пересадки, які інтегрують міжміські, міські та локальні маршрути.

Локальні маршрути: Забезпечують перевезення пасажирів до підвузлів, які з'єднані з магістральними лініями.

Ефективна пересадка: Система сприяє скороченню часу пересадок і забезпеченню зручності для пасажирів.

Оптимізація перевезень: Висока концентрація пасажиропотоків на основних магістралях сприяє ефективному використанню ресурсів.

Великі транспортні системи, такі як у Берліні чи Сінгапурі, організовані за ієрархічним принципом із магістральними лініями метро, регіональними поїздами та локальними автобусними маршрутами.

3. Кільцева система міського транспорту

Кільцева система використовується у великих містах із високою щільністю забудови та потребою в інтеграції численних маршрутів. Характерні риси:

Центральний вузол: Основний хаб, який пов'язує всі кільцеві та радіальні маршрути.

Кільцеві маршрути: Забезпечують транспортні зв'язки між різними зонами без необхідності руху через центральну частину міста.

Зниження заторів: Сприяє розвантаженню центральних вулиць шляхом організації альтернативних шляхів сполучення.

Гнучка організація: Може включати як наземний, так і підземний транспорт для інтеграції всіх видів транспорту.

Схеми кільцевих маршрутів, як у Лондона (London Overground), дозволяють пасажиром зручно пересуватися між зонами, уникаючи перевантажених центральних вузлів.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз підходів до формвання маршрутної мережі

Підхід	Основні переваги	Обмеження
Базова маршрутна мережа	Простота, низькі витрати, гнучкість у малих містах	Непридатність для великих міст через низьку інтеграцію
Ієрархічна система	Висока ефективність, зручність пересадок, масштабованість	Потребує великих інвестицій в інфраструктуру
Кільцева система	Розвантаження центру, зменшення заторів	Складність у плануванні, високі витрати

Застосування у різних умовах

Малі міста: Базова мережа є найкращим варіантом через простоту організації та мінімальні фінансові витрати.

Середні міста: Ієрархічна структура дозволяє організувати ефективні перевезення, інтегруючи локальні та магістральні маршрути.

Мегаполіси: Кільцеві системи забезпечують швидке пересування між районами без перевантаження центральних вузлів.

Ці підходи відображають різноманіття стратегій у формуванні маршрутних систем залежно від потреб населення та урбаністичних умов. Вибір конкретного підходу або їхньої комбінації дозволяє створити ефективну транспортну систему для міста будь-якого масштабу.

1.3. Узагальнений досвід автоматизованого проектування маршрутних систем

Автоматизоване проектування міських маршрутів громадського автомобільного транспорту – це ключовий інструмент, який сприяє оптимізації міської транспортної системи. Його основна мета полягає у підвищенні ефективності роботи транспорту, зменшенні витрат і покращенні якості обслуговування пасажирів. У сучасних умовах автоматизація стає невіддільною частиною стратегій планування міської мобільності, що дозволяє враховувати різноманітні фактори: соціальні, економічні, екологічні та технологічні.

Планування маршрутів громадського транспорту – це багатокомпонентний процес, який охоплює аналіз пасажиропотоків, моделювання руху, проектування маршрутів і їх оптимізацію. Використання автоматизованих систем дозволяє значно скоротити час на виконання цих завдань і забезпечити високий рівень точності прогнозів. Автоматизоване проектування використовує математичні моделі, геоінформаційні системи (ГІС), інтелектуальні транспортні системи (ITS) і інші технології для вирішення складних задач формування маршрутних мереж.

Перевага автоматизації полягає в можливості інтегрувати численні джерела даних, такі як GPS, мобільні додатки, датчики руху та пасажиропотоків. Це дозволяє створювати маршрути, які не лише відповідають сучасним потребам населення, але й адаптуються до змін у міському середовищі.

Основні етапи автоматизованого проектування

Автоматизоване проектування міських маршрутів громадського автомобільного транспорту включає кілька етапів:

Збір та аналіз даних

Цей етап є основою для проектування маршрутів. Дані можуть бути отримані за допомогою обстежень пасажиропотоків, GPS-моніторингу,

мобільних додатків, опитувань пасажирів та інших методів. Інформація включає:

- Інтенсивність руху на дорогах;
- Розташування зупинок і транспортних вузлів;
- Час очікування та середню тривалість поїздок;
- Пасажиропотоки в різний час доби;
- Характеристики транспортних засобів (місткість, швидкість, витрати палива).

Аналіз цих даних дозволяє визначити точки генерування та притягнення пасажиропотоків, основні маршрути пересування та вузькі місця у транспортній мережі.

Побудова моделі транспортної системи

На цьому етапі створюється модель, яка відображає транспортну систему міста. Графічна модель складається з вузлів (зупинок, пересадкових вузлів) і ребер (маршрутів між вузлами). Вона враховує:

- Відстані між зупинками;
- Час руху між точками;
- Пропускну здатність доріг;
- Інтенсивність пасажиропотоків.

Моделі можуть бути різного типу: детерміновані, стохастичні, імітаційні тощо.

Оптимізація маршрутів

Оптимізація є одним із ключових етапів автоматизованого проектування. Вона включає вибір найбільш ефективних маршрутів за певними критеріями:

- Мінімізація часу пересування;
- Максимальне покриття території;
- Зменшення витрат на обслуговування маршрутів;
- Скорочення екологічного впливу.
- Для цього використовуються математичні моделі та алгоритми, такі як:
- Лінійне програмування;

- Алгоритми пошуку найкоротшого шляху (Дейкстри, A*);
- Алгоритми імітації (Монте-Карло, агент-орієнтовані моделі).

Верифікація та тестування

Перед впровадженням запропоновані маршрути перевіряються за допомогою імітаційного моделювання. Це дозволяє оцінити:

- Зручність для пасажирів;
- Рівень завантаженості маршрутів;
- Вплив на затори;
- Ефективність використання транспортних ресурсів.

Моделі тестуються у різних сценаріях, що дозволяє врахувати непередбачувані фактори, такі як аварії, погодні умови, тимчасові перекриття доріг.

Впровадження та моніторинг

Після затвердження оптимізованих маршрутів вони впроваджуються в реальних умовах. Для забезпечення ефективної роботи використовуються системи моніторингу, які дозволяють у реальному часі відслідковувати рух транспорту, інтенсивність пасажиропотоків і можливі збої. Моніторинг дає змогу вчасно вносити корективи та адаптувати маршрути до змін.

Технології, що використовуються в автоматизованому проектуванні

Серед ключових технологій, які забезпечують ефективність автоматизованого проектування, виділяють:

- **Геоінформаційні системи (ГІС):** Дозволяють інтегрувати просторові дані, візуалізувати маршрути та оцінювати їхню ефективність.
- **Інтелектуальні транспортні системи (ITS):** Збирають і аналізують дані з різних джерел у реальному часі.
- **Математичне моделювання:** Використовується для розрахунків і прогнозування.
- **Імітаційне моделювання:** Дає змогу моделювати сценарії роботи транспортної системи в умовах реального міста.

Переваги автоматизованого проектування

Автоматизація проектування маршрутів має низку переваг:

- Підвищення ефективності транспорту за рахунок оптимізації маршрутів і розкладів.
- Зменшення витрат на експлуатацію транспортної мережі.
- Скорочення часу пересування пасажирів і покращення якості обслуговування.
- Зниження екологічного навантаження за рахунок скорочення витрат палива та зменшення викидів.
- Гнучкість та адаптивність системи до змін у міському середовищі.

Виклики та перспективи

Хоча автоматизація відкриває нові можливості, існують і певні виклики. Зокрема, це високі початкові витрати на впровадження систем, необхідність збору великих обсягів даних і складність інтеграції різних компонентів транспортної системи. Однак розвиток технологій штучного інтелекту та великих даних створює умови для подолання цих труднощів.

У майбутньому автоматизоване проектування може інтегруватися з автономними транспортними засобами, створюючи повністю автоматизовані системи міського транспорту. Такі системи здатні значно підвищити ефективність міських перевезень, зробивши їх доступнішими та екологічнішими.

Таким чином автоматизоване проектування міських маршрутів громадського автомобільного транспорту є важливим кроком до створення ефективних, зручних і сталих транспортних систем. Використання сучасних технологій дозволяє враховувати різноманітні чинники, оптимізуючи процес перевезень і забезпечуючи комфорт для пасажирів. Інтеграція автоматизації з іншими інноваціями, такими як штучний інтелект і великі дані, забезпечує подальший розвиток міської мобільності, відповідаючи на виклики сучасного світу.

1.4. Висновки і постановка завдань на кваліфікаційну роботу

В процесі виконання кваліфікаційної роботи заплановано вирішити наступні завдання:

- дослідити особливості функціонування маршрутної системи та ключові фактори, які впливають на її ефективність;
- провести аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду формування маршрутних систем пасажирських перевезень.
- розглянути сучасні підходи до автоматизованого проектування міських маршрутних систем та виконано порівняльну оцінку методів моделювання. Виявлено відсутність єдиного підходу до проектування маршрутних систем у місті Рівне та обґрунтовано доцільність застосування комплексних підходів до їх розробки.
- Запропонувати узагальнену схему автоматизації процесу проектування маршрутних систем. Визначити потенційних користувачів розробленої методики та окреслено напрямки для її подальшого вдосконалення на прикладі м. Рівне.

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальна характеристика існуючих маршрутів

Громадський транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні мобільності населення міста Рівне. Ефективна маршрутна система дозволяє задовольнити транспортні потреби мешканців, зменшити навантаження на дорожню інфраструктуру та сприяє покращенню екологічної ситуації. У цьому звіті розглядаються особливості функціонування маршрутної системи громадського транспорту Рівного, виявляються основні проблеми та пропонуються шляхи її вдосконалення.

1. Загальна характеристика маршрутної системи

Маршрутна система громадського транспорту міста Рівне складається з автобусних маршрутів, тролейбусних ліній та маршрутних таксі. Основу транспортної мережі становлять:

Автобусні маршрути: Забезпечують зв'язок між центральними районами та околицями міста.

Тролейбусні маршрути: Обслуговують основні магістралі та пропонують екологічний вид транспорту.

Маршрутні таксі: Використовуються як додатковий транспортний засіб для перевезення пасажирів на менш завантажених напрямках.

На сьогодні у Рівному діє 9 тролейбусних маршрутів та понад 20 автобусних маршрутів. Транспортна мережа охоплює більшість житлових масивів, центр міста, промислові та соціально важливі об'єкти, такі як лікарні, школи та торгові центри.

Згідно з проведеними дослідженнями, основні пасажиропотоки концентруються в ранкові та вечірні години, коли мешканці міста їдуть на

роботу або навчання та повертаються додому. Центральна частина міста та райони поблизу залізничного вокзалу є найзавантаженішими.

Тролейбуси обслуговують приблизно 60% пасажирів, тоді як маршрутні таксі та автобуси забезпечують інші 40%. При цьому спостерігається нерівномірність завантаження маршрутів: деякі автобусні маршрути перевантажені, тоді як інші функціонують на низькому рівні рентабельності.

Аналіз функціонування маршрутної системи міста Рівне виявив низку проблем, які потребують вирішення:

На деяких маршрутах транспорт не забезпечує повного задоволення попиту пасажирів, особливо у пікові години.

Більшість рухомого складу потребує заміни через низьку енергоефективність і часті технічні несправності.

Деякі маршрути дублюють один одного, що створює перевантаження в окремих зонах міста та недостатнє покриття інших.

Під час опитування пасажирів вказали на проблему переповненості транспорту та невідповідність санітарно-гігієнічних умов.

У місті немає електронного квитка, що ускладнює контроль за пасажиропотоками та доходами транспортних підприємств.

Маршрутна система громадського транспорту міста Рівне потребує значного вдосконалення для забезпечення сучасних стандартів мобільності. Оптимізація маршрутів, оновлення рухомого складу, впровадження електронного квитка та використання інноваційних технологій є ключовими напрямками для покращення транспортного обслуговування населення. Реалізація цих заходів дозволить створити більш ефективну, екологічну та комфортну транспортну систему, що відповідатиме потребам мешканців міста та сприятиме сталому розвитку Рівного.



Рисунок 2.1 – Схема руху троллейбусних маршрутів м. Рівного

У 2024 році було проведено дослідження попиту населення на послуги міського транспорту. За даними цього дослідження, у місті діяло 52 тролейбуси, які обслуговували 12 міських маршрутів, та 350 автобусів, що працювали на 20 маршрутах.

Розвиток міського пасажирського транспорту ускладнюється постійним зростанням вартості енергоносіїв і збільшенням заробітної плати працівників. Зокрема, за останні п'ять років заробітна плата у секторі наземного транспорту зросла втричі, що призвело до подвоєння собівартості перевезень.

Додатковими труднощами в організації роботи громадського транспорту є хаотичне розташування районів міста з різною забудовою: малоповерховою, багатоповерховою та приватною. Наявність мікрорайонів, розташованих на значній відстані від центральної частини міста, а також подовжена структура транспортної мережі ускладнюють організацію перевезень і негативно

впливають на умови пересування пасажирів. Детальні характеристики автобусних маршрутів подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика автобусних маршрутів м. Рівне

Перелік автобусних маршрутів м. Рівне			
Діючі маршрути			
№	Початковий пункт	Кінцевий пункт	Примітка
1	Льонокомбінат	м/н Ювілейний	Єдиний маршрут за весь час карантинних обмежень, курсують MAN
4	вул. Енергетиків	м/н Ювілейний	До 30 листопада 2023 р. курсував під № 49.
6	вул. Волинської Дивізії	м/н Ювілейний	До 30 листопада 2023 р. курсував під № 39.
7	м/н Басовщина	Луцьке кільце	
35	вул. Будівельників	ЗОШ № 19	за годинниковою стрілкою
35а			проти годинникової стрілки
37	вул. Севастопольська	вул. Мельника	
38	вул. Коновальця	Агроресурс	за годинниковою стрілкою
38а			проти годинникової стрілки
43	вул. Олексинська	м/н Басів Кут	проти годинникової стрілки
45	вул. Князя Романа	ЗОШ № 19	
47	Льонокомбінат	Аеропорт	
47а		вул. Тиннівська	
53	НВО «Потенціал»	вул. Вербова	
56	Автостанція "Чайка"	Залізнична станція	
57	ПМК-100	вул. Коновальця	
61	м/н Ювілейний	Новий двір	
61а		вул. Корнинська	
64	Колоденка	Залізнична станція	
66	Онкодиспансер	вул. Червоногірська	

Розглянемо маршрутну систему міста Рівне. На обсяги перевезень міським пасажирським транспортом значний вплив має транспортна мережа, яка визначається такими параметрами, як щільність, конфігурація та пропускна спроможність шляхів.

Аналіз роботи міського пасажирського транспорту показав, що більшість автобусних перевезень у місті здійснюють приватні перевізники. Однак їхня технічна база часто не відповідає необхідним стандартам для якісного

технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Це призводить до недостатнього рівня безпеки перевезень і порушення вимог чинного законодавства та нормативно-правових актів.

Оптимізація маршрутів забезпечує значні переваги для транспортних систем, логістичних компаній, муніципалітетів та окремих користувачів. Однією з основних переваг є зниження витрат, оскільки ефективно сплановані маршрути дозволяють мінімізувати споживання пального та зменшити зношення транспортних засобів. Це особливо важливо для логістичних підприємств, які прагнуть знизити операційні витрати.

Оптимізація маршрутів сприяє кращому управлінню часом, оскільки допомагає уникати заторів та скорочувати затримки. Це забезпечує своєчасну доставку товарів або перевезення пасажирів, що критично для галузей, де важлива точність графіку. Водночас це підвищує задоволеність клієнтів, які отримують більш надійні послуги.

Ще однією перевагою є зменшення негативного впливу на довкілля завдяки скороченню викидів шкідливих речовин, що виникають внаслідок меншого споживання пального. Це сприяє екологічності транспорту і відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

Ефективне використання ресурсів є ще одним важливим результатом оптимізації маршрутів. Завдяки зменшенню часу простою транспорту, уникненню дублювання задач і раціональному розподілу ресурсів, оптимізація підвищує продуктивність як транспортних компаній, так і міських транспортних систем.

Крім того, оптимізація маршрутів допомагає ефективніше управляти дорожнім рухом. Зменшення навантаження на заторні ділянки доріг сприяє покращенню загальної пропускної здатності мережі, що знижує стрес водіїв та підвищує безпеку на дорогах.

Сучасні системи оптимізації базуються на зборі та аналізі великих обсягів даних. Це дозволяє виявляти транспортні вузькі місця, оцінювати ефективність роботи системи та приймати обґрунтовані рішення. Такі системи легко

масштабуються і адаптуються до змін, забезпечуючи їхню ефективність навіть за умов зростання обсягів перевезень.

Оптимізація маршрутів також забезпечує можливість реального часу реагувати на зміну умов, таких як погода, аварії чи перекриття доріг, що дозволяє мінімізувати вплив на роботу транспорту. Для бізнесу це створює конкурентну перевагу, знижуючи витрати, покращуючи якість послуг та сприяючи екологічній стійкості. Таким чином, оптимізація маршрутів стає важливим інструментом для підвищення ефективності транспортних систем, що має позитивний вплив на економіку, довкілля та комфорт пасажирів.

Аналіз існуючої структури парку транспортних засобів за параметром місткості свідчить про її нерівномірність та недостатню ефективність. Значний відсоток транспорту не відповідає реальним потребам міської пасажироперевезення, що впливає на продуктивність маршрутної системи, екологічну ситуацію та економічну доцільність експлуатації транспортних засобів.

Відповідно до методичних рекомендацій ДержавтотрансНДІпроект, для забезпечення максимальної ефективності транспортних послуг у міських умовах важливо дотримуватись оптимальної структури парку автобусів. Ця структура враховує різницю в пасажиропотоках на маршрутах, необхідність економії ресурсів та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Оптимальні пропорції транспортних засобів у парку міських автобусів представлені в таблиці 2.2. У таблиці зазначені рекомендовані співвідношення між автобусами великої, середньої та малої місткості, які дозволяють найбільш ефективно задовольнити пасажирський попит.

Таблиця 2.2 – Числові значення оптимальної кількості автобусів в залежності від кількості населення

№ п/п	Кількість жителів міста, тис. чол.	Структура парку автобусів, %			
		Особливо великі	Великі	Середні	Малі та особливо малі
1.	від 1000 і більше	25,0	35,0	25,0	15,0
2.	від 500 до 1000	20,0	30,0	30,0	20,0
3.	від 250 до 500	15,0	25,0	35,0	25,0
4.	до 250	10,0	20,0	40,0	30,0

2.2 Параметрична оцінка міських маршрутів

Місто Рівне з населенням 248 тисяч мешканців характеризується специфічною структурою автобусного парку, яка суттєво відрізняється від рекомендованої. Розподіл транспортних засобів за місткістю виглядає наступним чином: автобуси великої місткості складають 3 %, автобуси малої місткості – 68 %, а особливо малі автобуси – 29 %. Такий розподіл є нераціональним у порівнянні з оптимальною структурою, яка визначається на основі пасажиропотоків з урахуванням специфіки міського середовища та наявності інших видів пасажирського транспорту загального користування.

Ефективність роботи транспорту та якість обслуговування пасажирів у місті Рівне оцінюються за низкою показників, які впливають на зручність і швидкість пересування громадян. До них відносяться інтервал руху, регулярність сполучення, середня відстань поїздки пасажирів, швидкість сполучення, витрати часу мешканців на переміщення та комфортність поїздки.

Середньодобовий інтервал руху є важливим критерієм, що визначає якість транспортного обслуговування. Згідно з оцінкою маршрутів за інтервалами руху (табл. 2.3), значна частина маршрутів у Рівному має великі проміжки між рейсами. Це призводить до низької регулярності сполучення,

тривалого очікування транспорту, особливо у пікові години, та незадоволеності пасажирів через незручності у пересуванні.

Таблиця 2.3 – Оцінка маршрутів за інтервалами руху

Інтервал руху (хвилин)	Оцінка маршруту	Рекомендації
5–10	Високий рівень	Залишити без змін або збільшити частоту.
11–20	Задовільний рівень	Підвищити регулярність рейсів.
21 і більше	Низький рівень	Об'єднати маршрути або замінити транспорт.

Проблема значного інтервалу руху може бути вирішена шляхом концентрації пасажиропотоків через об'єднання малозавантажених маршрутів. Дублюючі маршрути, які перевантажують транспортну систему, потребують оптимізації. Важливим заходом є також правильний добір рухомого складу: заміна частини малих і особливо малих автобусів на великі, що здатні перевозити більше пасажирів у пікові години.

Підвищення частки великих автобусів є першочерговим завданням. У Рівному їх кількість становить лише 3 %, що є критично низьким показником. Для збалансованої роботи системи необхідно збільшити частку таких автобусів до 20–30 %, щоб обслуговувати основні магістральні маршрути з високою інтенсивністю пасажиропотоку. Зменшення частки малих автобусів до 50 % за рахунок введення середніх і великих транспортних засобів також є необхідним кроком.

Інтеграція інших видів транспорту, таких як тролейбуси чи маршрутні таксі, дозволить знизити навантаження на автобусну мережу. Це особливо важливо для зон із високим пасажиропотоком у центральних районах міста.

Рационалізація структури автобусного парку, об'єднання маршрутів та підвищення регулярності руху сприятимуть підвищенню комфорту пасажирів, зменшенню часу, витраченого на поїздки, та покращенню якості транспортного обслуговування загалом. Впровадження таких заходів дозволить оптимізувати витрати на утримання транспортної інфраструктури та зробить систему більш ефективною.

Оцінка маршрутів за швидкістю сполучення проводиться за шкалою, представленою в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розподіл маршрутів за величиною швидкості

№ п/п	Категорія швидкості	Діапазон швидкості (км/год)	Частка маршрутів (%)
1	Особливо мала	До 12	-
2	Мала	12–16	21,1
3	Помірна	16–20	5,3
4	Висока	20–24	10,5
5	Дуже висока	Понад 24	63,1

Загальний аналіз швидкісних показників міських маршрутів демонструє їх відповідність встановленим стандартам для міського громадського транспорту. Проте необхідно звернути увагу на значну диспропорцію в швидкості руху між різними видами транспорту. Зокрема, тролейбусні маршрути характеризуються надзвичайно низькою середньою швидкістю – лише 12,4 км/год, що значно відстає від інших видів транспорту. Така низька швидкість може призводити до збільшення часу поїздки для пасажирів, зниження привабливості тролейбусів і потенційного відтоку пасажирів до альтернативних видів транспорту.

У протилежність цьому, автобусні маршрути показують дуже високі швидкісні характеристики (див. таблицю 2.5), що свідчить про ефективну організацію їхнього руху та можливе використання більш сучасних транспортних засобів. Висока швидкість автобусів позитивно впливає на зручність та оперативність пересування пасажирів, підвищує

конкуентоспроможність громадського транспорту в цілому та сприяє зменшенню заторів на дорогах.

Таблиця 2.5 – Порівняння експлуатаційної швидкості руху

п/п	Вид транспорту	Середнє значення експлуатаційної швидкості в міських умовах, км/год.	Середнє значення експлуатаційної швидкості в м. Рівне, км/год.
1	Тролейбус	16	12,4
2	Автобус	20	27,6

Головною метою процесу перевезень є зменшення часу, який пасажирів витрачають на переміщення. Часові витрати пасажирів включають періоди, витрачені на піші переходи, очікування транспортних засобів, поїздки в транспорті та пересадки, і розраховуються за спеціальною методикою.

Розглянемо вплив зростання рівня автомобілізації на ситуацію з аварійністю. Підвищений рівень автомобілізації населення сприяє збільшенню кількості дорожньо-транспортних пригод. Зокрема, в Україні за останні десять років кількість легкових автомобілів зросла в 1,7 раза. Послідовність виникнення проблем залежно від ступеня автомобілізації представлена в таблиці 2.6.

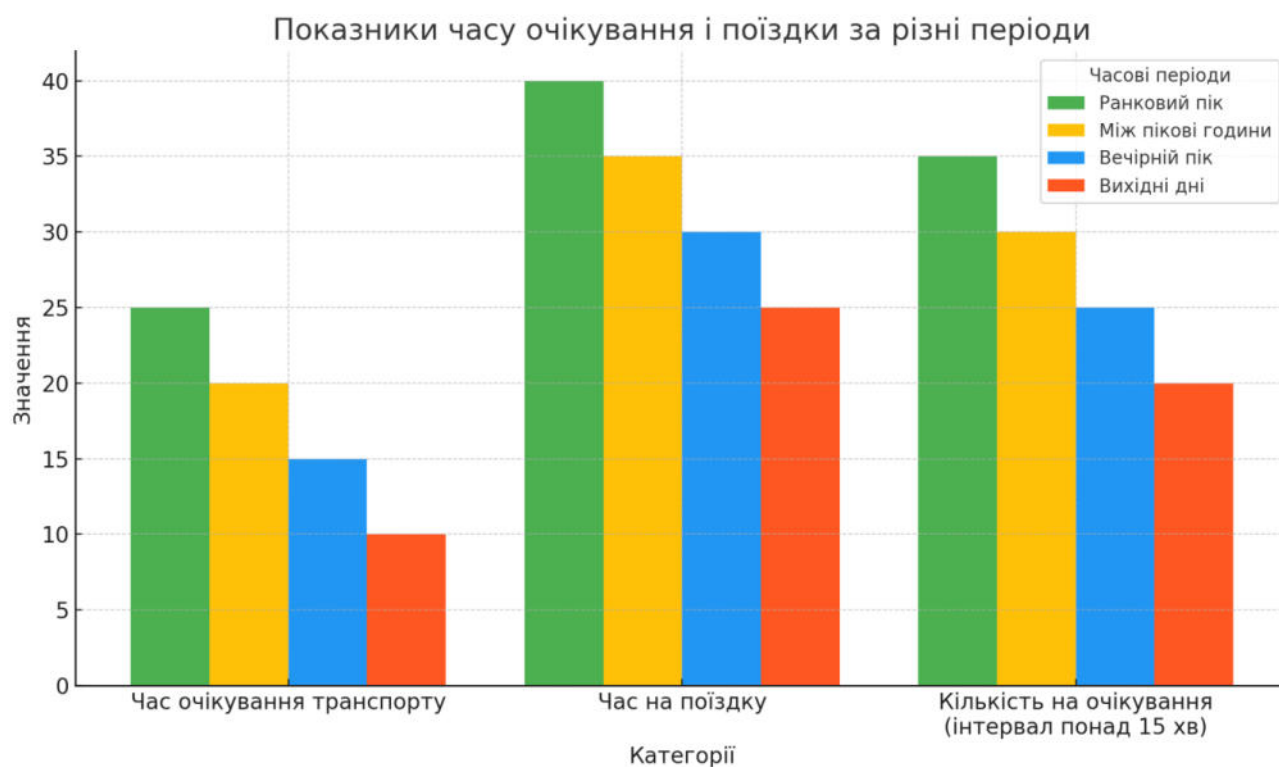


Рисунок 2.1 – Особливості руху транспорту протягом дня

Таблиця 2.6 – Транспортні проблеми населення

Перелік проблем, що викликані автомобілізацією	Наявність автомобілів на 1000 жителів
Виникнення труднощів з організацією руху	10 - 30
Загострення проблем із забезпеченням пропускнуєї здатності вулиць	30 - 100
Загострення екологічних проблем	100 - 130
Введення обмежень на використання автомобілів	130 - 200
Повернення до переважного розвитку транспорту загального користування	200 - 250

Альтернативним варіантом є використання електротранспорту, якого в місті наразі налічується 63 одиниці рухомого складу. Однак, вся інфраструктура, необхідна для забезпечення руху тролейбусів, перебуває у критичному стані зносу. Вартість одного тролейбуса коливається від 5 до 7 мільйонів гривень. Незважаючи на високу ціну, розширення парку тролейбусів є необхідним кроком.

Одним із рішень може бути зміна маршрутів автобусів малої місткості через центр міста, спрямовуючи їх паралельними вулицями. Це дозволить зменшити транспортне навантаження на центральні райони міста та скоротити час доступу пасажирів зі спальних районів до центру. Звільнені маршрути можуть бути передані електротранспорту, що забезпечить ефективніше обслуговування пасажирів.

Для повної заміни автобусів малої місткості (розрахованих на 17-40 місць) знадобиться 10 тролейбусів з місткістю 100-120 місць. Загальна вартість такої заміни складе близько 50 мільйонів гривень. Наразі автобусні маршрути в місті обслуговуються 350 автобусами (див. табл. 2.9). Це свідчить про значний потенціал для оптимізації транспортної системи шляхом інтеграції екологічного електротранспорту.

Таблиця 2.7 – Використання транспортних засобів на маршрутах міста

№ п/п	Марка автобуса	Пасажиромісткість, пас.	Частка, %
1.	ПАЗ 32051, 4234	35-42	3
2.	Богдан А092	24-40	6
3.	Івеко Турбодейлі 35	18	14
4.	Богдан А069.21	17	37
5.	Івеко Турбодейлі А4010, Рута	16	11
6.	Мерседес 208, 210, 212 Д	10-14	12
7.	ГАЗ 32213	12	17
Всього			100

Оскільки показники автобусних маршрутів істотно відхиляються від середніх, передусім необхідно аргументовано підтвердити доцільність вибраних трас. Відповідно, дослідженню підлягають пасажирські кореспонденції за кожним маршрутом. Для цього було застосовано табличний метод із залученням контролерів у салоні транспортного засобу, які фіксували дані щодо посадки та висадки пасажирів у відповідних таблицях.

2.3. Моделювання роботи зупиночних пунктів на ВДМ

До розташування зупинних пунктів висуваються такі основні вимоги [5]:
 забезпечення безпечного руху пішоходів;
 мінімізація затримок у русі транспортних засобів;
 максимально можливе скорочення часу, який пасажир витрачає на підхід до зупинки.

У практичних умовах рекомендована відстань між зупинними пунктами становить 400–600 м для звичайних маршрутів та 800–1200 м для маршрутів прискореного типу. Під час визначення місця розташування зупинок слід

дотримуватися зазначених норм і враховувати тип забудови вздовж конкретної ділянки транспортної мережі.

Допустиму довжину пішохідних підходів до найближчої зупинки громадського транспорту приймають не більшою за 500 м.

У межах центральних зон міста відстань пішохідного доступу від об'єктів масового відвідування до зупинки не повинна перевищувати 250 м; у виробничо-комунальних і складських районах вона не має бути більшою за 400 м від прохідних підприємств; у зонах масового відпочинку та спортивних центрах — не більш ніж 800 м від головного входу.

При проєктуванні нової зупинки слід враховувати:
загальну структуру (схему) маршруту (маршрутів);
розклад руху транспортних засобів на маршруті;
характеристики транспортного засобу з найбільшими параметрами (клас, тип, місткість);
місце розміщення самої зупинки.

Для облаштування нової зупинки готується проєктна документація (план-схема та поперечні профілі), а також вносяться відповідні корективи до проєкту (схеми) організації дорожнього руху на відведеній ділянці.

За розташуванням зупинки громадського транспорту поділяються на кінцеві та проміжні.

За характером використання на дорозі проміжні зупинки класифікують як:

- уособлені, призначені для обслуговування певного маршруту або окремих видів транспорту (наприклад, маршрутних таксі);
- пересадкові, де пасажери можуть змінити свій подальший напрямок руху, пересідаючи на інші маршрути;
- сумісні, що обслуговують два й більше маршрути, які йдуть у одному напрямку.

Схематичне зображення розташування проміжних зупинок поза межами перехресть наведене на рис. 2.3.

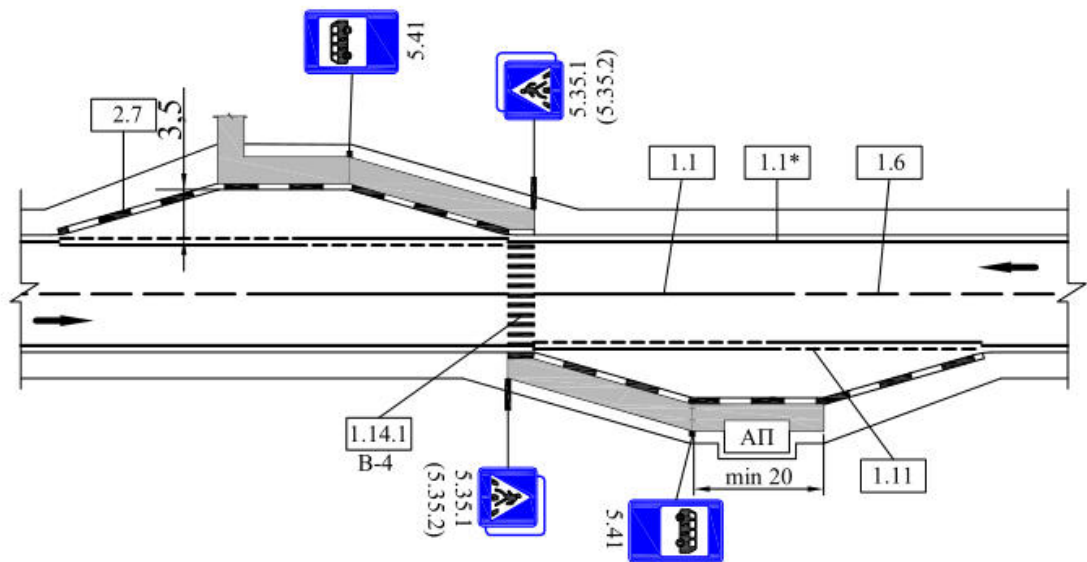


Рисунок 2.3. Проміжні зупинки за межами перехресть

У складі уособленої зупинки мають бути передбачені такі складові:

- майданчик для зупинки транспорту;
- майданчик для посадки пасажирів;
- тротуар або пішохідна стежка, що веде до пішохідного переходу (або кількох переходів);
- безпосередньо пішохідний перехід (переходи).

Графічне відображення уособлених зупинок перед відгалуженням, де забудова розташована лише з одного боку як головної, так і другорядної дороги, наведено на рис. 2.4.

Пересадкова зупинка повинна містити такі основні елементи:

- майданчик для зупинки транспорту;
- майданчик для посадки пасажирів;
- розділювальну смугу або напрямний острівцець;
- тротуар або пішохідну доріжку, що забезпечує доступ до пішохідних - переходів у напрямку іншої зупинки;
- пішохідний перехід (переходи);
- павільйон чи навіс для захисту пасажирів;
- сидіння (лавку) для очікування;

- санітарний вузол (туалет);
- контейнер або урну для сміття.

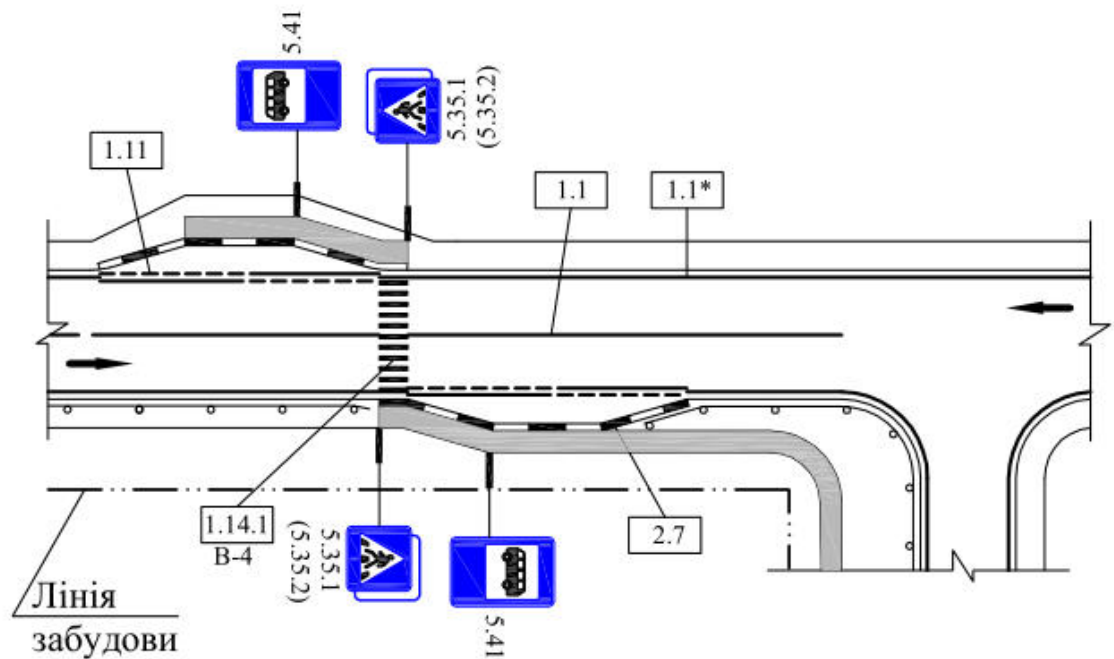


Рисунок 2.4. Зупинки громадського транспорту перед поворотом у житлову забудову

Графічне відображення конфігурації пересадкових зупинок у місці примикання наведено на рис. 2.4.

Кінцева зупинка повинна відповідати вимогам пересадкової, одночасно забезпечуючи можливість розвороту маршрутного транспорту. Місце для розвороту влаштовується безпосередньо поруч із зупинковим майданчиком.

визначається наступним чином.

$$t_{\text{пш}} = (k_{\text{ш}} k_{\text{в.зн}} / V_{\text{пш}}) [1/(3\delta) + l_n / 4] \quad (2.2)$$

Час очікування транспорту на зупинці розраховується за допомогою формули.

$$t_{\text{оч}} = 0,8I \quad (2.3)$$

де l - інтервал руху транспортних засобів на маршруті.

Визначимо його за залежністю:

$$I = \frac{t_{\text{об}}}{A} \quad (2.4)$$

де $t_{\text{об}}$ - час обороту;

A – к-ть ТЗ на маршруті.

Час обороту визначається із залежності

$$t_{\text{об}} = t_{\text{зн}}^M + t_{\text{рух}} + t_K \quad (2.5)$$

де t_K – час простою на кінцевій зупинці;

$t_{\text{зн}}$ – час простою на проміжних зупинках;

$t_{\text{рух}}$ - час руху за маршрутом.

На основі отриманих результатів, час простою на проміжних пунктах визначається наступним чином.

$$t_{\text{зн}}^M = 90,26\gamma + 6,48n_{\text{зн}}^M + 1,89q_n + 67,55K_{\text{зм}} \quad (2.6)$$

де n_m^M - кількість проміжних зупинок на маршруті розраховується за наступною формулою:

$$n_{\text{зн}}^M = \frac{l_M}{l_n} - 1 \quad (2.7)$$

Час проходження маршруту обчислюється за наступною формулою.

$$t_{\text{пyx}} = \frac{l_M}{V_T} \quad (2.8)$$

де V_T - технічна швидкість транспортного засобу на перегоні маршруту.

За результатами розрахунків, технічна швидкість розраховується за такою формулою:

$$V_T = 20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{\text{II}} + 0,38U + 12,91K_c \quad (2.9)$$

Підставивши вираз (2.9) у (2.8), отримаємо:

$$t_{\text{пyx}} = \frac{l_M}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{\text{II}} + 0,38U + 12,91K_c} \quad (2.10)$$

У цьому випадку залежність для розрахунку часу обороту набуде такого вигляду.

$$t_{\text{об}} = (90,26\gamma + 6,48n_{\text{зн}}^M + 1,89q_n + 67,55K_{\text{зм}}) + \frac{l_M}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{\text{II}} + 0,38U + 12,91K_c} + t_{\kappa} \quad (2.11)$$

Кількість автобусів на маршруті визначається за допомогою наступної формули.

$$A = \frac{F_{\text{max}} t_{\text{об}}}{q_n \gamma} \quad (2.12)$$

Підставляючи формулу (2.11) у рівняння (2.12), отримуємо залежність для розрахунку кількості автобусів на маршруті:

$$A = \frac{F_{\text{max}}}{q_n \gamma} ((90,26\gamma + 6,48n_{\text{зн}}^M + 1,89q_n + 67,55K_{\text{зм}}) + (l_M / (20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{\text{II}} + 0,38U + 12,91K_c)) + t_{\kappa}) \quad (2.13)$$

Підставляючи формулу (2.11) у рівняння (2.4), отримуємо залежність для визначення інтервалу руху на маршруті:

$$I = \frac{1}{A} ((90,26\gamma + 6,48n_{zn}^M + 1,89q_n + 67,55K_{zm}) + (l_M / (20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c)) + t_{\kappa}) \quad (2.14)$$

Рівняння для визначення часу набуде вигляду:

$$t_{ож} = \frac{0,8}{A} ((90,26\gamma + 6,48n_{zn}^M + 1,89q_n + 67,55K_{zm}) + (l_M / (20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c)) + t_{\kappa}) \quad (2.15)$$

$$t_{mp} = \frac{l_{cep}}{V_T} + t_{zn}^{cep} \quad (2.16)$$

де l_{cep} - середня довжина пасажирської поїздки;

$t^c J$ - час зупинок на проміжних пунктах під час руху на середню відстань пасажирської поїздки.

Час зупинок на проміжних пунктах під час поїздки на середню відстань визначається за моделлю, що включає такі компоненти:

$$t_{zn}^{cep} = 90,26\gamma + 6,48n_{zn}^{cep} + 1,89q_n + 67,55K_{zm} \quad (2.17)$$

де t_{zn}^{cep} - кількість зупинок, які пасажир долають під час поїздки на середню відстань перевезення.

Визначимо її як:

$$n_{zn}^{cep} = \frac{l_{cep}}{l_n} - 1 \quad (2.18)$$

Підставивши формулу (2.9) для обчислення технічної швидкості у рівняння (2.16), маємо:

$$t_{mp} = \frac{l_{cep}}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c} + t_{zn}^{cep} \quad (2.19)$$

Таким чином, підставляючи рівняння (2.17) і (2.19) у формулу (2.16), отримаємо вираз для розрахунку часу руху в транспортному засобі:

$$t_{mp} = \frac{l_{cep}}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c} + (90,26\gamma + 6,48n_{3n}^{cep} + 1,89q_n + 67,55K_{3M}) \quad (1.20)$$

Підставивши рівняння (2.2), (2.3) та (2.19) у формулу (2.1), отримаємо остаточний вираз для цільової функції, що визначає довжину перегону маршруту міського пасажирського автотранспорту:

$$t_n = \left(\frac{k_{nn}k_{в.3n}}{V_{пш}}\right)\left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4}\right) + \frac{0,8}{A}((90,26\gamma + 6,48n_{3n}^M + 1,89q_n + 67,55K_{3M}) + (l_M / (20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_{3M})) + t_k) + \frac{l_{cep}}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_{3ч}} + (90,26\gamma + 6,48n_{3n}^{cep} + 1,89q_n + 67,55K_{3M}) \rightarrow \min; \quad (2.21)$$

Для забезпечення мінімізації часу пересування пасажирів необхідно обирати оптимальне поєднання параметрів транспортної системи, що сприяють досягненню цільової функції. Одним із таких параметрів є довжина перегонів між зупинками, яка впливає на витрати часу пасажирів.

Шляхи вирішення транспортних проблем на основі соціологічно-транспортних досліджень:

Соціологічні дослідження підтверджують важливу роль міського пасажирського транспорту для мешканців міста Рівне. Особливим попитом користуються тролейбуси, яким надають перевагу 73% працюючого населення та 69% усіх користувачів транспорту, переважно жінки. Залежність населення від міського транспорту обумовлює його вразливість до недостатньої ефективності роботи, що спричинена низкою факторів: недостатньою частотою руху, особливо у вечірні години та вихідні дні; низькою якістю обслуговування; незадовільною транспортною інфраструктурою у периферійних районах. Також відзначають брак освітлення, навісів на зупинках та якісної дорожньої мережі.

Недостатня частота руху транспорту може бути покращена шляхом оптимізації структури парку транспортних засобів. Це передбачає придбання

автобусів більшої місткості, удосконалення розкладів руху та створення ефективної системи диспетчерського управління.

Жителі периферійних районів найбільше страждають від недоліків транспортної системи. Оскільки доходи цих громадян часто нижчі за середній рівень, необхідно використовувати економічно доцільні транспортні засоби, такі як автобуси або тролейбуси. Також потрібна модернізація ключових компонентів інфраструктури — доріг, освітлення, світлофорів та зупинок.

Для підвищення інформованості мешканців про функціонування транспорту пропонується проводити широку інформаційну кампанію, використовуючи засоби масової інформації, та забезпечувати транспорт інформаційними табличками відповідно до чинних нормативів. Це дозволить пасажирам краще орієнтуватися у маршрутах та графіках руху транспорту.

Через обмежену гнучкість у виборі місця проживання якість громадського транспорту часто стає вирішальним фактором при виборі місця роботи. Низька ефективність транспорту змушує мешканців шукати роботу ближче до дому, що впливає на розподіл трудових ресурсів у місті. Водночас близько 20% жителів міста змушені пересуватися пішки через транспортні проблеми, що свідчить про необхідність розв'язання цього питання на системному рівні.

Понад 60% опитаних підтримують обмеження транспортного руху в центральній частині міста. Це можна реалізувати шляхом перенаправлення транспортних потоків на паралельні до головних проспектів вулиці.

Маршрутні таксомотори є важливим видом транспорту, проте їхня доступність обмежується високою вартістю проїзду. Через низький рівень доходів значна частина населення не може дозволити собі регулярне користування цим транспортом. Водночас понад 70% респондентів вважають, що електротранспорт повинен активно розвиватися. Для підвищення ефективності маршрутного таксомоторного транспорту потрібні заходи з регулювання тарифів та підвищення якості обслуговування.

Соціологічні опитування щодо оплати проїзду свідчать, що більшість пасажирів підтримують збереження пільгового проїзду, оскільки це є важливим елементом соціальної підтримки. Також слід забезпечити можливість пільгового проїзду в усіх видах громадського транспорту, включаючи маршрутні таксомотори.

Мешканці вважають, що на розвиток транспорту варто спрямовувати значну частину місцевого бюджету (до 20%). Це підтверджує потребу в комплексному підході до покращення транспортної інфраструктури, який включає не лише закупівлю додаткових транспортних засобів, але й удосконалення управління маршрутною системою.

Отже, вирішення транспортних проблем потребує не лише технічних, але й організаційних заходів. Зокрема, необхідно підвищувати якість управління, вдосконалювати інфраструктуру та забезпечувати доступність транспорту для всіх категорій населення.

3 ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір оптимального режиму руху автобусів на маршрутах: обґрунтування рішення.

Залежно від кількості зупинок, зроблених під час руху, існують різні способи проходження маршруту автобусами. Ці способи називаються режимами руху автобусів на маршрутах.

Виділяють три основні режими руху автобусів на міських маршрутах (див. рис. 2.6).

а) Послідовна схема



б) Складна схема



в) Змішана схема



Рисунок 3.1. Режими руху автобусів на міському маршруті

У міських автобусних перевезеннях застосовуються три основні режими руху: звичайний, швидкісний та експресний. Кожен із них має свої особливості, переваги та недоліки, які впливають на ефективність транспортного обслуговування.

Звичайний режим руху передбачає зупинки автобусів на всіх зупинках маршруту, що забезпечує максимальну доступність для пасажирів. Такий режим є найпоширенішим, оскільки дозволяє обслуговувати широкий спектр пасажирів, включаючи тих, хто прямує до менш популярних зупинок. Однак велика кількість зупинок значно знижує швидкість руху автобусів, збільшує час подорожі та витрати пального.

Швидкісний режим руху передбачає зупинки лише на вузлових (ключових) зупинках маршруту. Це дає змогу суттєво підвищити швидкість руху автобусів та зменшити витрати часу пасажирів на пересування. Швидкісний режим найкраще підходить для обслуговування пасажирів, які прямують до найбільш популярних точок маршруту.

Експресний режим руху передбачає слідування автобусів від початкового до кінцевого пункту без зупинок. Такий режим максимально скорочує час подорожі для пасажирів, які користуються обома кінцевими зупинками. Водночас він обмежує доступність для інших пасажирів і підходить лише для специфічних маршрутів із великими потоками пасажирів між визначеними точками.

Швидкісний та експресний режими сприяють підвищенню швидкості сполучення, зниженню витрат пального та часу перевезень. Аналіз показує, що швидкість руху автобусів на маршрутах зростає прямо пропорційно кубічному кореню довжини перегону. Відповідно, зменшення кількості зупинок дозволяє значно підвищити ефективність перевезень. Крім того, скорочення кількості зупинок зменшує зношення гальмівних систем і підвіски автобусів, що позитивно впливає на їх технічний стан.

Для багатьох міських маршрутів ефективним рішенням є комбінування різних режимів руху. Це дозволяє поєднувати доступність звичайного режиму для обслуговування місцевих пасажиропотоків із перевагами швидкісного та експресного режимів для обслуговування ключових вузлів чи дальніх маршрутів. Такий підхід дозволяє знизити загальні витрати часу пасажирів, оптимізувати використання транспортних засобів і підвищити якість міського транспортного обслуговування.

Загалом, вибір режиму руху залежить від особливостей маршруту, пасажиропотоків і транспортної інфраструктури. Поєднання різних режимів забезпечує найкращий баланс між доступністю, швидкістю перевезень та економічною ефективністю.

Швидкість руху автобусів у режимі маршрутного таксі (РМТ) становить 25-30 км/год, а в експресному режимі (ЕРР) – 30-35 км/год. За умови створення спеціальних смуг для руху автобусів у цих режимах, швидкість сполучення може значно зрости. Це дозволяє суттєво зменшити час, який пасажирів витрачають на пересування. Причому скорочення часу прямо пропорційне відстані поїздки.

Дослідження показують, що скорочення часу дороги до місця роботи на 10 хвилин підвищує продуктивність праці приблизно на 4%. Таким чином, впровадження швидкісних і експресних режимів руху автобусів є важливим інструментом для підвищення продуктивності праці в суспільстві.

Крім того, збільшення швидкості руху автобусів позитивно впливає на їх провізну здатність, дозволяючи перевозити більше пасажирів за одиницю часу. Це також підвищує загальну ефективність роботи транспортної системи, сприяючи зростанню продуктивності громадського транспорту в цілому.

Ефективна організація руху автобусів у міських умовах є важливою складовою забезпечення якісного транспортного обслуговування населення. При цьому особливу увагу слід приділяти вибору режимів руху, які відповідають характеру пасажиропотоків і сприяють оптимальному використанню ресурсів.

Швидкісні режими руху дозволяють знизити витрати паливно-мастильних матеріалів і скоротити час перевезень, проте мають певні обмеження. Вони підходять переважно для пасажирів, які прямують до ключових вузлових зупинок маршруту, що становить близько 70-80% загального пасажиропотоку. Для решти пасажирів, особливо тих, хто користується менш популярними зупинками, такий режим може бути незручним.

Експресні режими руху, у свою чергу, орієнтовані на невелику частку пасажирів – приблизно 10% – які подорожують між початковими та кінцевими зупинками маршруту. Через це їх доцільно використовувати лише в окремих випадках, таких як забезпечення перевезень між віддаленими житловими

районами і великими промисловими зонами чи центром міста. У таких ситуаціях експресні автобуси можуть значно підвищити зручність і швидкість перевезень для конкретної категорії пасажирів.

Зважаючи на ці обмеження, організація перевезень в єдиному режимі руху рідко є оптимальною. Значно ефективнішим є застосування комбінованих режимів руху, які дають змогу поєднувати переваги різних підходів. Комбіновані режими дозволяють одночасно забезпечувати доступність для пасажирів, які користуються звичайними зупинками, і високу швидкість та економічність перевезень для тих, хто потребує швидкісних чи експресних послуг.

Крім того, комбінований підхід сприяє більш раціональному використанню ресурсів автопарку, зменшенню завантаженості транспортної мережі та підвищенню загальної ефективності системи міських перевезень. Це особливо важливо в умовах зростання пасажиропотоків, збільшення витрат на експлуатацію транспорту та необхідності зниження негативного впливу на довкілля. Таким чином, комбіновані режими руху є ключовим елементом сучасного підходу до організації міських автобусних перевезень.

Комбіновані режими руху були відомі ще з 30-х років. Найбільшого поширення в міських пасажирських перевезеннях отримав найпростіший тип комбінованого режиму руху, що поєднує ЗРР із РМТ або ЕРР.

Організація комбінованих режимів руху автобусів на міських маршрутах передбачає вибір оптимального варіанту, який мінімізує сумарні витрати часу пасажирів з урахуванням заданих обмежень. Мета цієї задачі — зменшення загальних витрат часу пасажирів, що включають підхід до зупинки, очікування автобуса, посадку, поїздки, висадку та пересування від зупинки до місця призначення.

Таблиця 3.1 – Характеристика маршруту

Найменування показників		Значення
Довжина маршруту в прямому напрямку, км		15
Довжина маршруту в зворотному напрямку, км		15
Тривалість оборотного рейсу, год., хв.		1год15хв
Тривалість рейсу в прямому напрямку, год., хв.		35хв
Тривалість рейсу в зворотному напрямку, год., хв.		35хв
Експлуатаційна швидкість, км/год.		30
Зупинки, од.		29
Автостанції, КП, од.		2
Перехрестя, од.		37
Місця з ускладненими дорожніми умовами та концентрації ДТП, од.		17
Залізничні переїзди, од.	що охороняються	1
	що не охороняються	-
Мости з вузькою проїзною частиною, од.		-
Наземні пішохідні переходи, од.		61
Місця з погіршеним дорожнім покриттям, од.		-
Довжина нульового пробігу, км		14

Одним із ключових викликів у вирішенні завдання оптимізації режиму руху є визначення змінної, яка б характеризувала не окремі складові руху, а весь комбінований режим у цілому. Відмінність комбінованого режиму від стандартного полягає в тому, що на кожній зупинці маршруту зупиняється

лише певний відсоток автобусів із загальної кількості, що обслуговують маршрут. Цей відсоток залежить виключно від обраного режиму руху, що дозволяє чітко визначити характер комбінованого режиму для кожної конкретної зупинки.

Для розв'язання задачі визначення оптимального комбінованого режиму руху було обрано частку автобусів, що зупиняються на кожній i -й ($i=1,2,3,\dots,n$) зупинці маршруту, як основну змінну. Обмеженням для цієї змінної є інтервал $0 < k < 1$, при цьому за необхідності можуть бути встановлені додаткові обмеження.

Оптимізація комбінованого режиму руху полягає у визначенні таких значень k_j , які мінімізують сумарні витрати часу пасажирів T_j , враховуючи встановлені обмеження. Для реальних маршрутів ця оптимізація зазвичай дозволяє знизити витрати часу пасажирів на 1–2%, що є незначним, але позитивним результатом. Математична модель завдання формалізується системою n диференціальних рівнянь: $dT_j/dk_j=0$, з допустимою похибкою розрахунків.

Як приклад, розглянуто автобусний маршрут №49 у місті Рівне, який з'єднує вулицю Енергетиків із вулицею Макарова. Початкові дані для розрахунків наведені у таблиці 3.1. Для визначення значень k_j , які залежать від вихідного інтервалу руху $I_{вих}$ та співвідношення F_j/Q_j , було створено спеціальну таблицю 3.2. Вона охоплює всі можливі значення k_j (у діапазоні від 0,1 до 0,9) і основні інтервали руху міських автобусів $I_{вих}$ (від 4 до 26 хвилин).

Зі збільшенням інтервалів руху понад 26 хвилин організація комбінованого режиму стає недоцільною, оскільки це призводить до зростання загальних витрат часу пасажирів, знижуючи ефективність транспортної системи.

Таблиця 3.2 – Розрахункова таблиця значень змінної k_j

$i \backslash j$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
0,1	71	143	214	286	357	428	500	571	643	714	786	857
0,2	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	196	216
0,3	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
0,4	4	9	13	18	22	27	31	36	40	45	49	53
0,5	3	6	8	11	14	16	20	23	25	28	31	34
0,6	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	22	24
0,7	2	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17
0,8	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13
0,9	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11

На основі розрахованих значень змінної k_j для кожної зупинки маршруту можна сформулювати комбінований режим руху (КРР) автобусів. Об'єднуючи зупинки з однаковими значеннями k_j , визначаються відповідні режими руху (РР). Сукупність цих режимів формує оптимальний комбінований режим руху автобусів на маршруті.

3.2 Економічна ефективність запровадження комбінованого режиму руху.

У другому розділі було встановлено, що на оптимальну довжину перегону, яка забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, впливають фактори, що визначають швидкість руху автобусів на маршруті. До них належать швидкість транспортного потоку, питома потужність транспортного засобу та коефіцієнт використання пасажиромісткості. Для маршруту перевезення пасажирів із певною середньою відстанню поїздки необхідно таке поєднання параметрів транспортного процесу, яке забезпечить мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

У результаті було прийнято рішення впровадити комбінований режим руху. Це дозволяє підвищити ефективність перевезень на міському автобусному маршруті. Наступним кроком є оцінка ефективності впровадження

комбінованого режиму руху та визначення часу оборотного рейсу автобуса на маршруті.

$$T_{об} = 75 - (0,7 \cdot 42) = 45 \text{ хв}$$

Визначимо к-ть автобусів:

$$A_3 = A_{k3} \text{ автобусів та } A_{ш} = A - A_3 = A(1 - k_3) \text{ автобусів}$$

К-ть автобусів, що повні працювати на маршруті у звичайному режимі руху:

$$\text{а в швидкісному режимі : } A_3 = 16 \cdot 0,5 = 8 \text{ автобусів,}$$

Визначимо інтервал руху звичайних автобусів:

$$I_3 = \frac{75}{8} \approx 9 \text{ хв}$$

Визначимо інтервал руху автобусів за формулою $I_{ш} = 45 : 8 = 6 \text{ хв}$.

Аналогічно визначаємо суміщений інтервал руху при ЗРР та РМТ:

$$J_k = \frac{J_3 \cdot J_m}{J_3 + J_m} \quad (3.1)$$

$$J_{ш} = \frac{9 \cdot 6}{9 + 6} = 4 \text{ хв}$$

Економія часу пасажирів завдяки впровадженню оптимального комбінованого режиму руху автобусів на маршруті:

$$\Delta T = \frac{[Q_3(J_{вих} - J_3) + Q_{ш}(J_{вих} - J_k) + 2\delta(1 - k_3)\sum_{f=0} F_f]}{2} \quad (3.2)$$

де Q – загальний обсяг пасадиропотоку на маршруті;

Q_3 – к-ть пасажирів на маршруті, що використовують зупиночні пункти при ЗРР;

Q_m – к-ть пасажирів, що переміщуються маршрутом та використовують зупинки при РМТ;

F_f – к-ть пасажирів, що переміщуються маршрутом та використовують зупинки при РМТ і проїжджають f -у зупинку при ЗРР ;

J_3 – інтервал руху автобусів при ЗРР, хв. ;

J_k – суміщений інтервал руху автобусів при ЗРР та РМТ, хв.

$$\Delta T = \frac{[14804(9-5) + 8303(5-4) + 2 \cdot 0,7(1-0,5)10730]}{2} = \frac{37515}{60} = 625_{\text{нас.год}}$$

Визначення економії у грошовому еквіваленті:

$$\Delta S = 365 \cdot C \cdot \Delta T \quad (3.3)$$

де 365 – загальна к-ть робочих днів у році.

$$\begin{aligned} \Delta S &= 365 \cdot C \cdot 625 = 228125_{\text{нас.год.}} \cdot C_{\text{гр.од.}} = \\ &= 228125_{\text{нас.год.}} \cdot 2_{\text{гр.од.}} = 456250(\text{грн}) \end{aligned}$$

Визначимо рівень економії при використанні автобусів:

$$\Delta A = A \frac{1-k_3}{k_3} \cdot \frac{Qk_3m\delta + 2Ak_3\delta \sum F_f - Q_3T_{об}}{Q(T_{об} - m\delta k_3) + 2A(1-k_3)\delta \sum F_f}, \quad (3.4)$$

де m – к-ть зупинок на маршруті.

$$\Delta A = 16 \cdot \frac{1-0,5}{0,5} \cdot \frac{23107 \cdot 0,5 \cdot 29 \cdot 0,7 + 2 \cdot 16 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 10730 - 14804 \cdot 75}{23107(75 - 29 \cdot 0,7 \cdot 0,5) + 2 \cdot 16(1-0,5) \cdot 0,7 \cdot 10730} = 2_{\text{авт.}}$$

Параметри, що оцінюють ефективність організації комбінованих режимів руху на міських маршрутах, наведено в таблиці 3.3.

У таблиці 3.3 представлені узагальнені дані, які демонструють високу ефективність впровадження комбінованих режимів руху автобусів на аналізованому маршруті. Швидкість руху зросла на 17%, значно скоротилися загальні витрати часу пасажирів, а також знизилася наповненість автобусів. Крім того, витрати палива на один автобус зменшилися на 20-30%, тоді як кількість перевезених пасажирів збільшилася на 15-20%.

Швидкісні та експресні автобуси, завдяки меншій кількості зупинок на маршруті, рідше здійснюють гальмування та розгони. Це, у свою чергу, сприяє зменшенню зносу рухомого складу, скороченню витрат на поточний ремонт і технічне обслуговування автобусного парку, а також знижує рівень шкідливих викидів в атмосферу міста.

Таблиця 3.3 – Результативність впровадження комбінованих режимів руху на міських маршрутах у формі.

Показники	Маршрут м. Рівне
Тип використаного автобусу	ЛАЗ-42021
Кількість автобусів на маршруті до організації комбінованого режиму руху. Кількість автобусів на маршруті після організації комбінованого режиму руху.	20 20
Всього	
В тому числі РМТ	8
Кількість зупинок на маршруті (в прямому і зворотному напрямках)	50 58
Всього	
Інтервал руху на маршруті, хв.: До організації комбінованого режиму руху	5
Після організації комбінованого режиму руху: звичайний режим руху РМТ режим руху	6 4
Швидкість сполучення на маршруті, км/год.: при звичайному режимі руху при швидкісному режимі руху	30 35
Для пасажирів, які користуються швидкісними автобусами, %	30
Сумарна економія часу пасажирів за день, пас.год.	625
Умовна економія автобусів	2
Збільшення кількості рейсів в день, од.	2
Економія часу пасажирів в грошовому виразі	456250

3.3. Економічні витрати, пов'язані з потребою у нових автобусах

Для підвищення якості обслуговування населення та задоволення потреб пасажирів у перевезеннях необхідно придбати додаткові автобуси, а також збільшити їх пасажиромісткість, що передбачає закупівлю нових транспортних засобів. Інформація про витрати на придбання нових автобусів наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Економічні витрати на придбання транспортних засобів

№ маршруту	Марка автобуса	Кількість автобусів, од.	Вартість одного автобуса, тис. грн.	Вартість нових автобусів, тис. грн
1	Богдан А-09204	2	1540	3080
38	Богдан А-1445	2	1540	3080
49	Богдан А-1445	3	1540	4620
				$\Sigma=10780$

Пропоную здійснити придбання цих транспортних засобів за допомогою лізингової угоди. Лізинг можна розуміти як заздалегідь погоджену орендну угоду за посередництва фінансової установи або лізингової компанії, що передбачає інвестування у засоби виробництва. Основна мета лізингу — інвестування у виробничий процес, отже, розглядати лізинг слід саме з цього погляду.

Лізингова операція включає три основні сторони: виробника, фінансового посередника та майбутнього власника (підприємця). У нашому випадку виробником є Черкаський автозавод. Посередником може виступати будь-яка фінансова установа (банк або лізингова фірма тощо). Третьою стороною є перевізник, який у результаті отримує транспортні засоби у користування.

Таблиця 3.5 – Характеристики транспортних засобів, що працюють на маршруті

№ маршруту	Ціна автобуса, тис. грн	Ресурс, тис. км	Кількість автобусів, од.	Кількість місць	Довжина маршруту, км	Швидкість, км/год.
1	370	500	2	43	10	29
38	775	500	2	80	11,7	35
49	775	500	3	80	15	30

Необхідно визначити розмір орендної плати та чистий прибуток. Для цього виконаємо відповідні розрахунки на прикладі маршруту №49. Денний дохід одного водія визначається за такою формулою:

$$ДВ = NnT, \quad (3.5)$$

де ДВ – обсяг надходжень грошових коштів за день;

N – кількість повних маршрутних кіл за день, виконаних одним водієм;

n – к-ть пасажирів, перевезених автобусами за один оберт автобуса;

T - тариф на перевезення, грн.

У наведеній формулі фіксованим параметром є лише тариф, тоді як інші величини встановлюються експериментальним шляхом. Значення nn (кількість місць) дорівнює 80. Звісно, фактична кількість пасажирів може змінюватися: одні виходять, інші заходять, і реальну кількість пасажирів визначити складно, оскільки це залежить від часу. Для розрахунків використовується номінальна кількість місць, яка становить 80. Таким чином, $n=80 \times 2=160$ $n = 80 \times 2 = 160$.

NN (кількість повних кіл) залежить від швидкості руху, що становить 30 км/год. Час роботи одного водія становить 8 годин. Кількість повних кіл визначається за відповідною залежністю:

$$N = \frac{V \cdot \tau_p}{2 \cdot L_M} \quad (3.6)$$

$$N = \frac{(35_{\text{км/год}} \cdot 8_{\text{год}})}{2 \cdot 15_{\text{км}}} = 9,$$

де V - технічна швидкість руху автобуса на маршруті, км/год.;

τ_p – час роботи автобуса на маршруті, год.;

L_M – довжина маршруту, км.

Обсяг виручки від одного автобуса:

$$ДВ=9 \cdot 160 \text{ пас} \cdot 3 \text{ грн}=4320(\text{грн}),$$

Обсяг виручки із трьох автобусів:

$$ДВ_3 = 4320 \text{ грн} \cdot 3 = 12960 (\text{грн}).$$

Для визначення річної виручки необхідно обчислити кількість робочих днів за рік. Протягом тижня водій працює 6 днів (1 день відводиться на відпочинок і ремонт), а з 52 тижнів у році 2 тижні припадають на відпустку. Виходячи з цього, можна розрахувати річну виручку:

$$РВ = ДВ_3 \cdot КД \cdot КТ, \quad (3.7)$$

$$РВ = 12960 \cdot 6 \cdot 50 = 3\,888\,000 (\text{грн}),$$

де РВ – обсяг грошових коштів, зароблених протягом року;

КД – к-ть днів роботи автобуса протягом тижня;

КТ – к-ть днів роботи автобуса протягом року.

Необхідно обчислити виробничі витрати. Для автобусів марки "Богдан" використовується дизельне паливо. Середня вартість дизельного пального на АЗС міста становить 54,10 грн/л. Згідно з технічною документацією, витрата пального становить 30 літрів на 100 км. Щоб розрахувати денні витрати на дизельне паливо для трьох автобусів, можна скористатися наступною формулою:

$$ДВб_3 = N \cdot 2 \cdot L_m \cdot P \cdot Ц \cdot 3, \quad (3.8)$$

$$ДВб_3 = 9 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 0,30 \cdot 17,1 \cdot 3 = 4\,155,3 \text{ грн.},$$

де ДВб₃ – витрати палива трьома автобусами;

Р – реальні витрати пального;

Ц – вартість палива.

Витрати на паливо протягом року визначаємо за формулою:

$$РВб = ДВб_3 \cdot КД \cdot КТ, \quad (3.9)$$

$$РВб = 4\,155,3 \text{ грн} \cdot 6 \cdot 50 = 1\,246\,590 \text{ грн.},$$

де: РВб – річні витрати на пальне, грн.

Визначимо обсяг коштів, що витратиметься за орендну плату.

$$АП = \frac{(Ц + Д_л)}{АС}, \quad (3.10)$$

де АП – обсяг коштів за оплату оренди;

АС – термін служби обсягання (амортизаційний);

Ц – загальна вартість майна підприємства;

Д_л – обсяг доходів.

АП та АС вимірюються в однакових одиницях часу. Д_л включає чистий дохід, який перевищує банківський відсоток, а також усі витрати, пов'язані з утриманням майна, якщо воно не перебуває на повному утриманні орендаря.

У реальних умовах орендна плата зазвичай визначається на день, тиждень або, рідше, на місяць. Проте для теоретичного аналізу зручніше використовувати тривалі фіксовані строки, наприклад, рік. Таким чином, необхідно розрахувати орендну плату за рік. Вартість одного автобуса фіксована і становить 775 000 грн. Прибутковість має бути не меншою за 27–30% (що відповідає банківським ставкам за депозитами). Однак, інвестор навряд чи вкладатиме кошти в ризиковий бізнес, такий як лізинг, очікуючи лише 30% річних. Тому чистий дохід визначено на рівні 40% річних.

При укладенні лізингового договору важливу роль у визначенні орендної плати відіграють строк контракту та його умови. Якщо вважати ресурс автобуса "Богдан" рівним приблизно 500 тис. км, то можна розрахувати річний ресурс і визначити, скільки років працюватиме транспортний засіб.

Річний пробіг одного автобуса складає:

$$РП = N \cdot 2 \cdot L_m \cdot КД \cdot КТ, \quad (3.11)$$

$$РП = 9 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 50 = 81\,000 \text{ (км)}.$$

Однак зазначений пробіг є лише чисто комерційним і не враховує додаткові поїздки до гаража, на станцію технічного обслуговування, заправку тощо. Тому реальний пробіг доцільно вважати 100 000 км на рік. При розрахунках ресурсу автобуса в 500 тис. км не беруться до уваги такі фактори: жорсткі умови експлуатації, цілорічне використання (включаючи зимові та

літні температурні перепади, які негативно впливають), незадовільний стан доріг та високе щоденне навантаження близько 180 км. Усі ці обставини значно скорочують термін служби автобуса, і реальний ресурс, на думку водіїв, становить приблизно 300 тис. км. Однак теоретично оцінити вплив цих факторів навіть на конкретному маршруті неможливо, тому вони не враховуються. Розділивши ресурс на річний пробіг, можна визначити строк служби автобуса.

$$T_{роб} = \frac{PC}{PP}, \quad (3.12)$$

$$T_{роб} = 500\,000 \text{ км} / 100\,000 \text{ км} = 5 \text{ (років)},$$

де $T_{роб}$ – теоретичний термін експлуатації транспортного засобу, рік;

PC – ресурс, км;

PP – пробіг в км за рік, км.

З огляду на вищезазначені умови, річна орендна плата для одного автобуса становить:

$$AP = (775\,000 + 0,4 \cdot 775\,000) / 5 = 217\,000 \text{ грн.}$$

Річна орендна плата в розрахунку на 3 автобуси:

$$AP_3 = 217\,000 \text{ грн} \cdot 3 = 651\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на гараж є обов'язковою складовою загальних витрат. Гараж може бути власним, але для спрощення обліку його вартості доцільніше враховувати орендну плату, яка становить 1–5 грн на день. Для розрахунків приймаємо середнє значення – 3 грн на день або 1080 грн на рік.

Розрахуємо обсяг річних витрат за формулою:

$$PB_p = AP_3 + PB_б + 3 \cdot \Gamma, \quad (3.13)$$

$$PB_p = 651\,000 + 1246590 + 3 \cdot 1080 = 1\,900\,590 \text{ (грн.)},$$

де AP_3 – річні витрати на арендування гаражів для усіх трьох автобусів;

$PB_б$ – витрати на паливо протягом року, грн.;

Γ – витрати на гараж, грн.;

Чистий прибуток визначимо за формулою:

$$ЧП = РВ - АП_3, \quad (3.14)$$

$$ЧП = 1\,944\,000 - 1\,171\,830 = 772\,170 \text{ грн.}$$

Таким чином, для маршруту №49 є можливість здійснити орендну плату за використання автобусів. На основі отриманих даних можна зробити висновок, що на всіх маршрутах, де необхідно замінити рухомий склад або додати додаткові транспортні засоби, існує можливість сплатити орендну плату за користування автобусами. Результати розрахунків для інших маршрутів наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Економічні показники функціонування автобусних маршрутів.

№ маршруту	Річна виручка, грн.	Орендна плата за рік, грн./рік	Сума річних витрат, грн.	Чистий прибуток, грн.
1	928 800	186 660	425 052	503 748
38	4 304 000	390 990	708 105	1 595 895
49	3 888 000	651 000	1 171 830	772 170

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що для всіх маршрутів, де необхідна заміна рухомого складу або залучення додаткових транспортних засобів, є можливість покрити витрати на орендну плату за використання автобусів.

3.4. Напрями вдосконалення маршрутної мережі міста

Для покращення роботи громадського транспорту в місті Рівне пропонується впровадити такі заходи:

Оптимізація маршрутної мережі. Перегляд існуючих маршрутів з метою усунення дублювання та розширення охоплення міських районів. Особливу увагу слід приділити створенню зручних маршрутів для сполучення віддалених мікрорайонів із центром міста.

Оновлення рухомого складу. Заміна застарілих тролейбусів та автобусів на сучасні моделі, які відповідають екологічним стандартам та забезпечують комфорт пасажирам.

Впровадження електронного квитка. Це дозволить автоматизувати контроль за доходами, підвищити прозорість системи оплати та зменшити час посадки пасажирів.

Розвиток інтегрованої транспортної системи. Забезпечення взаємодії між автобусами, тролейбусами та маршрутними таксі для створення єдиної транспортної мережі.

Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS). Використання GPS-трекерів і мобільних додатків для відстеження транспорту в реальному часі, що дозволить оптимізувати графіки руху та зменшити затримки.

Реалізація запропонованих заходів сприятиме:

Зменшенню часу очікування транспорту на зупинках.

Підвищенню рівня комфорту та безпеки перевезень.

Зниженню викидів шкідливих речовин у атмосферу через використання екологічного транспорту.

Покращенню економічної ефективності транспортної системи за рахунок оптимізації маршрутів і контролю за доходами.

Задоволенню потреб більшої кількості пасажирів завдяки інтегрованому підходу до організації перевезень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Безпека праці при керуванні автобусом для перевезення пасажирів

Згідно Типової інструкції з охорони праці для водія автобуса до самостійної роботи в якості водія автобуса допускаються особи, які пройшли:

- вступний інструктаж;
- інструктаж з пожежної безпеки;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- навчання безпечним методам і прийомам праці не менше ніж по 10 годинній програмі (для робіт, до яких пред'являються підвищені вимоги безпеки - 20 годинною програмою);
- інструктаж з електробезпеки на робочому місці і перевірку засвоєння його змісту з присвоєнням кваліфікаційної групи І.

Для виконання обов'язків водія автобуса допускаються особи, що мають посвідчення на право керування даною категорією транспорту, не мають медичних протипоказань для даної професії, які досягли 20 річного віку.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Переконатися в справності одягу. Перед початком роботи водій зобов'язаний пройти перед рейсовий медичний огляд.
2. Переконатися у повній справності автобуса і перевірити технічний стан автобуса та його зовнішній вигляд.
3. У разі виявлення несправностей на лінію не виїжджати до повного їх усунення та повідомити про це адміністрацію транспортного відділу.
4. Заправку автобуса паливом проводити після зупинки двигуна. Під час заправки машини паливом пасажирам перебувати в салоні автобуса забороняється. На території автозаправної станції не допускається: курити,

проводити будь-які ремонтно-регулювальні роботи, заливати паливо в сторонніємності, відкривати кришки бензобака металевими предметами.

Вимоги безпеки під час роботи:

1. Перш ніж почати рух з місця зупинки (стоянки) або виїхати з гаража, переконатися, що це безпечно для робітників та інших сторонніх осіб та подати попереджувальний сигнал.

2. Бути уважним та обережним при русі з місця заднім ходом. При недостатній оглядовості або видимості слід скористатися допомогою іншої особи.

3. Швидкість руху вибирати з урахуванням дорожніх умов, видимості і оглядовості, інтенсивності та характеру руху транспортних засобів і пішоходів, особливостей та стану автобуса.

4. Виконувати вимоги безпеки руху і вказівки регулювальників дорожнього руху відповідно до Правил дорожнього руху.

5. Залишати автобус дозволяється тільки після вжиття заходів, що виключають можливість його руху під час відсутності водія.

6. При ремонті автобуса на лінії дотримуватися запобіжних заходів: з'їхати на узбіччя дороги, включити задній світло при поганій видимості, зупинити автобус за допомогою гальмівної системи, включити першу передачу, підкласти під колеса упори. При роботі на узбіччі під машиною перебувати з протилежного боку проїжджої частини. Не допускати до ремонту автобуса осіб, які не мають на це право.

7. Водієві автобуса не дозволяється:

- керувати автобусом в стані алкогольного сп'яніння або під впливом наркотичних засобів;
- виїжджати в рейс (на лінію) в хворобливому стані або при такому ступені втоми, яка може вплинути на безпеку руху;
- передавати керування автобусом іншим особам;
- виконувати буксирування автобуса з метою пуску двигуна, а також з пасажирами в салоні автобуса;

- протирати двигун ганчір'ям, змоченим бензином і курити в безпосередній близькості від системи живлення двигуна і паливних баків.

8. При пересуванні та постановці автобуса на посадку технічного обслуговування необхідно стежити за правильним положенням коліс відносно напрямних ребер оглядової канави, естакади. Встановлений на пост автобус надійно загальмувати стоянковим гальмом і поставити під колеса упори, а на автобусі з механічною коробкою передач, крім того, включити нижчу передачу.

9. При ремонті автобуса утримувати робоче місце в чистоті і не захащувати сторонніми предметами. Зливати масло і воду тільки в спеціальну тару.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

1. Після повернення з лінії разом з механіком транспортного відділу перевірити автобус. У разі необхідності скласти заявку на поточний ремонт з переліком несправностей, що підлягають усуненню.

2. Автобус очистити від бруду та пилу, поставити у встановлене місце, переконатися тому, що немає можливості виникнення пожежі і затягнути важіль стоянкової гальмівної системи.

3. Здати дорожнього (маршрутного) листа диспетчеру або відповідальній особі.

4. Після закінчення роботи руки і обличчя вмити теплою водою з милом, по можливості прийняти душ. Застосовувати для миття хімічні речовини забороняється.

4.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайною ситуацією на автомобільному пасажирському транспорті є аварійна ситуація, яка може виникнути в основному при дорожньо-транспортній пригоді.

У разі причетності до дорожньо-транспортної пригоди водій зобов'язаний:

1. негайно зупинити транспортний засіб і залишатись на місці пригоди.
2. Увімкнути аварійну сигналізацію і встановити знак аварійної зупинки.
3. Не переміщати транспортний засіб і предмети, що мають відношення до пригоди.
4. Вжити можливих заходів для подання першої медичної допомоги потерпілим, викликати карету швидкої медичної допомоги, а якщо це неможливо, звернутися за допомогою до присутніх і відправити потерпілих до лікувального закладу.
5. У разі неможливості виконати дії, викладені в пункті 4, відвезти потерпілого до найближчого лікувального закладу своїм транспортним засобом, попередньо зафіксувавши розташування слідів пригоди, а також положення транспортного засобу після його зупинки; у лікувальному закладі повідомити своє прізвище та номерний знак транспортного засобу (з пред'явленням посвідчення водія або іншого документа, який засвідчує особу реєстраційного документа на транспортний засіб) і повернутися на місце пригоди.
6. Повідомити про дорожньо-транспортну пригоду органи поліції, записати прізвища і адреси очевидців, чекати прибуття працівників поліції.
7. Вжити всіх можливих заходів для збереження слідів пригоди, огороження їх та організувати об'їзд місця пригоди.
8. До проведення медичного огляду не вживати без призначення медичного працівника алкоголю, наркотиків, а також лікарських препаратів, виготовлених на їх основі (крім тих, які входять до складу офіційно затвердженої аптечки).

Аварійна ситуація при проведенні технічного обслуговування чи ремонті може виникнути у разі падіння вивішеного автобуса, падіння з висоти, ураження електричним струмом та інше.

При виникненні такої ситуації слід негайно припинити роботу, виключити обладнання, огородити небезпечну зону, не допускати до неї сторонніх осіб. Повідомити про те, що сталося, керівника робіт. Якщо є потерпілі — надати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати "швидку допомогу".

При виникненні несправності в роботі двигуна, прийняти вправо, з'їхати на узбіччя дороги і зупинити автобус. Рух продовжити тільки після усунення виниклої несправності.

Несправну машину брати на буксир за допомогою спеціальних пристосувань можна тільки після дозволу інспектора Державної інспекції з безпеки дорожнього руху.

4.3. Автомобільний транспорт та навколишнє середовище

Транспорт є однією з найважливіших галузей суспільного виробництва і покликаний задовольняти потреби населення та суспільного виробництва в перевезеннях. Одночасно транспорт є одним з основних забруднювачів навколишнього природного середовища. Так, тільки один автомобіль у середньому на рік викидає разом з випускними газами близько 800 кг окису вуглеводню, приблизно 40 кг оксидів азоту та понад 200 кг різноманітних вуглеводів. Тому запобігання шкідливому впливу всіх видів транспорту на навколишнє природне середовище є одним із найголовніших завдань природоохоронної діяльності держави.

Основні правові норми, які закріплюють правові заходи по охороні навколишнього природного середовища від шкідливого впливу транспорту, містяться в Законах України від 26 червня 1991 року «Про охорону навколишнього природного середовища» [23], від 16 жовтня 1992 року «Про охорону атмосферного повітря» та від 10 листопада 1994 року «Про транспорт». Крім того, щодо окремих видів транспорту є

спеціальні нормативні акти, які також закріплюють правові заходи екологічної безпеки транспортних засобів.

Основними напрямками охорони навколишнього природного середовища на транспорті є зниження токсичності та нейтралізація шкідливих речовин, які містяться у викидах та скидах транспортних засобів, а також поступовий перехід на нові види енергії та пального. Ці напрямки посідають певне місце в чинному законодавстві. Відповідно до закону «Про охорону навколишнього природного середовища» (ст.56) [23] на підприємства, установи, організації, що здійснюють проектування, виробництво, експлуатацію та обслуговування автомобілів, літаків, суден, інших пересувних засобів, установок та виробництво і постачання пального, покладені певні обов'язки щодо забезпечення екологічної безпеки транспортних засобів. Так, вони зобов'язані розробляти та здійснювати заходи по знищенню токсичності та знешкодженню шкідливих речовин, що містяться у викидах та скидах транспортних засобів, переходу на менш токсичні види пального, додержання режиму експлуатації транспортних засобів та інші заходи, спрямовані на запобігання й зменшення викидів та скидів у навколишнє природне середовище забруднюючих речовин та додержання встановлених рівнів фізичних впливів.

При експлуатації транспортних засобів в атмосферне повітря викидаються відпрацьовані гази, що містять забруднюючі речовини, а також відбувається шкідливий вплив їх фізичних факторів. З метою охорони навколишнього природного середовища від забруднення та шкідливого впливу фізичних факторів транспортних засобів для кожного типу пересувних джерел, що експлуатуються на території України, встановлюються нормативи вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та шкідливого впливу їх факторів. Ці нормативи розробляються з урахуванням наявності технічних рішень щодо зменшення утворення забруднюючих речовин, зниження рівня шкідливого впливу фізичних факторів, очищення відпрацьованих газів та економічної доцільності. Порядок розробки і затвердження цих нормативів встановлюється Міністерством охорони навколишнього природного

середовища України і Міністерством охорони здоров'я України. Виробництво та експлуатація транспортних засобів, у яких вміст забруднюючих речовин у відпрацьованих газах перевищує нормативи або рівні шкідливого впливу фізичних факторів, забороняються.

Чинне законодавство України передбачає певні вимоги щодо охорони довкілля при ввезенні транспортних засобів на територію України. Так, з метою поліпшення екологічної ситуації в країні з 1 січня 1997 року дозволяється ввезення на митну територію України лише тих легкових автомобілів (код ТН ЗЕД 87.03), які обладнані пристроєм для нейтралізації ядучих фракцій випускних газів (каталізатором). З 1 січня 2003 року експлуатація легкових автомобілів, не обладнаних каталізатором, забороняється.

Відносно транспортних засобів, що перетинають пункти пропуску через державний кордон України, обов'язково здійснюється екологічний контроль за додержанням екологічних норм та правил транспортними засобами. Цей контроль проводиться безпосередньо на кордоні державними інспекторами з охорони навколишнього природного середовища Міністерства охорони природних ресурсів України.

Згідно з Правилами ввезення транспортних засобів на територію України [40] забороняється ввезення в Україну для постійного користування механічних транспортних засобів, які на момент ввезення були виготовлені п'ять і більше років тому.

Усі транспортні та інші пересувні засоби, що експлуатуються на території України, мають бути піддані державному контролю за додержанням екологічної безпеки транспортних засобів. Нині державний контроль у забезпеченні додержання вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища на транспорті здійснюється радами та їх виконавчими і розпорядчими органами, Міністерством охорони навколишнього природного середовища України, його органами на місцях, органами місцевого самоврядування та іншими спеціально уповноваженими державними органами.

У разі порушення екологічного законодавства керівники транспортних організацій та власники транспортних засобів несуть юридичну відповідальність за дотримання нормативів гранично допустимих викидів та скидів забруднюючих речовин і гранично допустимих рівнів фізичних впливів на навколишнє природне середовище, встановлених для відповідного типу транспорту, а також за інші порушення екологічних вимог на транспорті.

Встановлюється наступний порядок вирахування збору за забруднення навколишнього середовища:

- суми збору, що стягуються за викиди стаціонарними джерелами забруднення, за скидання й розміщення відходів, обчислюються платниками самостійно щокварталу нарастаючим підсумком з початку року виходячи з фактичних обсягів викидів, нормативів збору й установлених по місцезнаходженню цих джерел коригувальних коефіцієнтів;

- суми збору, що стягуються за викиди пересувними джерелами забруднення, обчислюються платниками самостійно щокварталу нарастаючим підсумком з початку року, виходячи з кількості фактично використаного пального і його виду, на підставі нормативів збору за ці викиди й певних по місцю податкової реєстрації платників коригувальних коефіцієнтів;

- суми збору, що стягуються за скидання у водні об'єкти, обчислюються платниками самостійно щокварталу нарастаючим підсумком з початку року на підставі затверджених лімітів, виходячи з фактичних обсягів скидів, нормативів збору й певного по місцезнаходженню джерела забруднення коригувального коефіцієнта.

Значним забруднювачем довкілля є транспортна галузь, зокрема її рухомі засоби (автомобілі), що використовують як пальне різні види нафтопродуктів, а також стаціонарні об'єкти матеріально-технічного забезпечення (склади паливо-мастильних матеріалів, заправні станції, станції технічного обслуговування, майстерні тощо). Значної шкоди довкіллю завдають відпрацьовані гази автомобілів, пально-мастильні матеріали, зливні води після миття автомобілів та їх агрегатів, пари різних шкідливих речовин, кислот,

матеріалів, які використовуються в технологічних процесах ремонту автомобілів. Через великі обсяги використання пального автотранспорт забруднює навколишнє природне середовище токсичними компонентами: на рівні 25 відсотків - солями свинцю, на рівні 50 відсотків - оксидом вуглецю. У 24 великих містах України, зокрема в Києві, Харкові, Севастополі, Одесі, шкідливі викиди в атмосферне повітря внаслідок роботи автотранспорту перевищують 50 відсотків загальної кількості.

Потужним забруднювачем довкілля в області є транспорт. Протягом останніх років викиди шкідливих речовин від транспорту склали 84 тис.т, що на 9% більше, ніж за попередні роки. Значна питома вага 89% (75 тис.т) викидів шкідливих речовин припадає на автотранспорт. Найбільша частка 77% (58 тис.т) викидів забруднюючих речовин припадає на автотранспорт, який працює на бензині. Від автомобілів, що використовують дизельне паливо, потрапило в атмосферу 11 тис.т, стиснений та зріджений газ – 6 тис.т.

Основними токсичними компонентами, якими забруднюється повітря області від автотранспорту, є оксид вуглецю – 58 тис.т або 77%, неметанові леткі органічні сполуки – 9 тис.т (11%), діоксин азоту – 7 тис.т (9%), крім того діоксин вуглецю – 833 тис.т. Обсяг викидів забруднюючих речовин від автотранспорту в цілому по області у розрахунку на душу населення становить 44,7 кг та щільність викидів у розрахунку на квадратний кілометр території – 2,8 т, тоді як по містах обласного підпорядкування ці показники значно більші.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведене дослідження спрямоване на оптимізацію розташування зупинок міського пасажирського транспорту та покращення маршрутної системи в місті Рівне. Комплексний аналіз маршрутної мережі, моделювання роботи зупинок, а також розрахунок економічних і екологічних ефектів дозволяють сформулювати ряд практичних висновків і рекомендацій.

Придбання нових автобусів є значними грошовими витратами для міста, тому альтернативним рішенням може бути лізинг транспортних засобів. Це дозволить знизити одноразові фінансові навантаження та забезпечити стабільну роботу системи громадського транспорту.

Заміна застарілого рухомого складу на нові автобуси сприятиме значному зниженню викидів шкідливих газів у атмосферу, що позитивно вплине на екологічну ситуацію в місті. Використання сучасних екологічних стандартів у транспорті є важливим кроком до сталого розвитку міста.

Комплексне удосконалення міської транспортної системи, включаючи покращення маршрутів, розташування зупинок і умов перевезень, сприятиме підвищенню комфортності поїздок для пасажирів, зменшенню часу на пересування, а також зростанню працездатності населення. Це позитивно позначиться на якості життя мешканців.

Удосконалення управлінських підходів у функціонуванні маршрутної мережі дозволить підвищити ефективність роботи громадського транспорту. Впровадження автоматизованих систем моніторингу та управління забезпечить своєчасне реагування на зміну пасажиропотоку та поліпшення якості послуг.

Для досягнення мети потрібно: розробити та реалізувати план поступової заміни застарілих автобусів на сучасні, використовуючи механізми лізингу; інтегрувати екологічно чистий транспорт, зокрема електробуси, в маршрутну систему міста; впровадити системи GPS-моніторингу для оптимізації маршрутів та контролю за рухом транспорту; забезпечити навчання водіїв і підвищення стандартів безпеки та якості обслуговування пасажирів.

Реалізація запропонованих заходів сприятиме сталому розвитку міського транспорту, покращенню умов перевезень і створенню комфортного середовища для мешканців міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Планування міст і транспорт : навч. посібник / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с. ISBN 978-966-695-525-1
2. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Електронний ресурс] // Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. – 2015. – Режим доступа: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
3. Поліщук В. П., Красильнікова О. В., Дзюба О. П. Транспортне планування міст. – Знання України. Київ. – 372 с. 2014. 978-966-316-347-5.
4. Global status report on road safety 2015 [Електронний ресурс] / World Health Organization. – 2015. – Режим доступа: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_EN_final2.pdf?ua=1
5. Global Report on Human Settlements 2013 [Електронний ресурс]. / UNHABITAT. – 2013. – Режим доступа: <http://unhabitat.org/books/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013/>.
6. Віртуальна архітектура [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://studopedia.su/10_26158_arhitektura-kiberprostoru.html.
7. Вітвицька Є. В. Врахування нормативних параметрів клімату міст України у архітектурному проектуванні : навч. посібник / Є. В. Вітвицька, Д. О. Бондаренко / під ред. Є. В. Вітвицької. – Одеса : ОДАБА, 2015. – 261с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Транспортне планування міст» (для студентів 5 курсу всіх форм навчання спеціальностей 7.100402 і 8.100402 «Транспортні системи»)/Укл.: Лобашов О.О.- Харків: ХНАМГ, 2009.-с.46. (електронний варіант).

9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. На заміну: ДБН Б.2.2-12:2018. – [Чинний від 01.10.2019]. – Київ : Держбуд України, 2019. – 183 с.
- 10 Harrington E. C. The desirability function. Industrial Quality Control. 1965. Vol. 21 (10). P. 494–498.
11. Урбаністика: Навч. посібник/ О.С. Безлюбченко, О.В. Завальний. – Харків: ХДАМГ, 2003.- 254 с.
12. Плешкановська А. М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій / А. М. Плешкановська. – Київ, 2005. – 190.
13. Любарський Р.Е. Проектування міських транспортних систем. – К.: будівельник, 1984. - 93 с.
14. Ковальчук О.В., Іванов Д.С. Дослідження параметрів руху груп транспортних засобів на вулично-дорожній мережі // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2018. – № 83. – С. 106–111.
15. Тур О.М. Концепція розумного міста як основа забезпечення сталого розвитку територій // Розвиток територій: теорія та практика. – 2018. – С. 297–300.
16. Степанчук О.В. Особливості функціонування вулично-дорожньої мережі міста // Проблеми розвитку міського середовища. – 2016. – Вип. 1(15). – С. 87–90.
17. Коротков С.С. Методика побудови інформаційної системи управління транспортною інфраструктурою міста на базі теорії S-гіпермереж: дис. ... канд. техн. наук. – Київ: Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, 2024..
18. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
19. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1

20 Parasuraman, A. A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research / A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry // Journal of Marketing. – 1985. – Vol. 49 (4). – P. 41–50.

21 Zeithaml, Valarie A. Delivering quality service: balancing customer perceptions and expectations / Valarie A. Zeithaml, A. Parasuraman, Leonard L. Berry – The Free Press, 1986

22 Avkiran N.K. Developing an instrument to measure customer service quality in branch banking // International Journal of Bank Marketing. 1994. Vol. 12, №6. С.10-18.

23. Пасажирські перевезення. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / В.В. Литвин, І.Ю. Клименко. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 31 с

24. Пасажирські перевезення. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів денної форми навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / В.В. Литвин, О.В. Новицький, І.О. Таран. - Д. Національний гірничий університет, 2010. – 30 с.

25. Сучасні проблеми міських пасажирських перевезень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/45785/1/02.pdf>.

Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.

26. Методичні вказівки до практичного заняття і самостійної роботи з курсу «Техноекологія та цивільна безпека» частина «Цивільна безпека» на тему «Шляхи і способи підвищення стійкості роботи промислового об'єкта» для студентів всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл. : В.С. Стручок . - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. - 26 с.

27. Стручок В. С. До питання захисту персоналу та населення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС / Стручок Володимир Сергійович // Матеріали IV Міжнародної наукової конференції „Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки“, 18-19 квітня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 113–115. — (Вплив воєнних конфліктів та техногенних катастроф на безпеку життєдіяльності, локальні та глобальні екосистеми). — Харків, 2007. — 39 с.