

Вінницький національний технічний університет
 Факультет машинобудування та транспорту
 Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності роботи комунального підприємства
 «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті
 сполученням «Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця»

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи ІТТ-
 24м спеціальності 275 – Транспортні
 технології (за видами), спеціалізація
 275.03 – Транспортні технології (на
 автомобільному транспорті)
 Освітньо-професійна програма –
 Транспортні технології на автомобільному
 транспорті



Ткачук А.С.

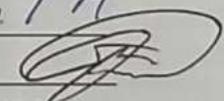
Керівник: к.е.н., доцент каф. АТМ



Огневий В.О.

« 28 » 11 2025 р.

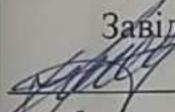
Опонент: к.т.н., доц. кафед. ГМ

Бакалчук Д.В. 

« 09 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 13 » 12 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)
Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 25 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Ткачук Антону Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті сполученням «Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця,

керівник роботи Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

2. Строк подання здобувачем роботи: 30.11.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автобуси комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»; об'єкт дослідження – процеси автобусних перевезень міського пасажирського транспорту; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

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

1 Аналіз основних напрямів організації управління міськими автобусними перевезеннями.

2 Теоретичні основи управління міськими автобусними перевезеннями.

3 Розробка системи управління міськими автобусними перевезеннями.

4 Аprobация системи управління міськими автобусними перевезеннями.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 Напрями сталого розвитку міських транспортних систем

5 Укрупнена схема технології автоматизованого управління транспортом

- 8 Алгоритм організації маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова»
 9 Схема руху маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова»
 10 Основні параметри маршруту «Барське шосе – вул. Лугова»
 11 Зупинки і перегони маршруту «Барське шосе – вул. Лугова»
 12 Пасажиروبіг зупинок в прямому та зворотньому напрямку
 13 Пасажирипотік перегонів в прямому та зворотньому напрямку
 14 Потрібна кількість автобусів на маршруті за напрямками руху
 15 Рекомендовані інтервали руху автобусів
 16 Показники використання автобусів на маршруті «Барське шосе – вул. Лугова»
 17 Екологічна ефективність
 18 Куб взаємозв'язку між складовими процесу управління ризиками, його вплив на власників
- 19-20 Оцінка ризиків в управлінні автобусами
 21 Ефективність запропонованого рішення

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

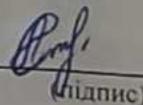
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання виконав
Розв'язання основної задачі	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	25.09.2025	28.09.2025
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ	17.11.25	

7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

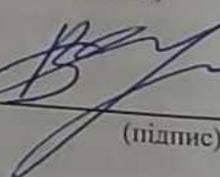
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025
10	Захист МКР	15.12.2025- 17.12.2025

Здобувач


(підпис)

Ткачук А.С.

Керівник роботи


(підпис)

Огневий В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Ткачук А. С. Підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті сполученням «Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) Вінниця: ВНТУ, 2025. 106 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 29 назв; рис.: 15; табл. 16.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

У розділі 1 проведено аналіз основних напрямів організації управління міськими автобусними перевезеннями.

В розділі 2 розглянуто теоретичні основи управління міськими автобусними перевезеннями.

В розділі 3 виконано розробку системи управління міськими автобусними перевезеннями.

В розділі 4 проведена апробація системи управління міськими автобусними перевезеннями.

Ілюстративна частина складається з 21 слайду.

Ключові слова: перевезення, рухомий склад, управління, міські автобусні перевезення, транспортна система.

ABSTRACT

UDC 656.078

Tkachuk A. S. Increasing the efficiency of the municipal enterprise “Vinnytsia Transport Company” on the bus route “Barske Shosse – Luhova Street” in Vinnytsia. Master's qualification work in the specialty 275 – Transport technologies (by types), specialization 275.03 – Transport technologies (in road transport) Vinnytsia: VNTU, 2025. 106 p.

In Ukrainian. Bibliography: 29 titles; fig.: 15; tab. 16.

The master's qualification work addresses the issue of increasing the efficiency of the municipal enterprise "Vinnytsia Transport Company".

In section 1 analyzes the main directions of organizing urban bus transportation management.

In section 2 examines the theoretical foundations of urban bus transportation management.

In section 3, the development of a city bus transportation management system was carried out.

In section 4, the testing of the city bus transportation management system was carried out.

The illustrative part consists of 21 slides.

Keywords: transportation, rolling stock, management, urban bus transportation, transport system.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НАПРЯМІВ ОРГАНІЗАЦІЇ	
УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ.....	12
1.1 Сталий розвиток міських транспортних систем.....	12
1.2 Вплив особливостей планування міст на розвиток транспортних систем.....	17
1.3 Вітчизняний та зарубіжний досвід управління міськими автобусними перевезеннями.....	18
1.4 Огляд робіт у сфері маршрутизації міського автобусного транспорту.....	22
1.5 Загальна характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».....	27
1.6 Структура автотранспортного парку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».....	35
1.7 Висновки до розділу 1.....	36
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ.....	38
2.1 Теоретичні аспекти моделювання.....	38
2.2 Методи вирішення задач транспортної маршрутизації.....	42
2.3 Методи визначення пасажиропотоків і матриць кореспонденцій.....	45
2.4 Методи обстежень та прогнозування інтенсивності руху на вулицях міста.....	49
2.5 Висновки до розділу 2	53
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ.....	55
3.1 Концептуальна модель і структура системи управління міськими автобусними перевезеннями.....	55
3.2 Програмний модуль введення та зберігання інформації.....	57

3.3 Інтелектуальне ядро системи управління міськими автобусними перевезеннями.....	58
3.4 Алгоритм прийняття рішень для підвищення ефективності організації міських автобусних перевезень.....	67
3.5 Висновки до розділу 3	68
РОЗДІЛ 4 АПРОБАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ.....	70
4.1 Характеристика маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова».....	70
4.2 Визначення необхідної кількості автобусів.....	75
4.3 Техніко–експлуатаційні показники роботи автобусів на маршруті.....	78
4.4 Економічна доцільність запропонованого рішення.....	83
4.5 Оцінка соціального ефекту від впровадження запропонованого рішення.....	84
4.6 Оцінка екологічної ефективності.....	85
4.7 Аналіз ризиків в управлінні міськими автобусними перевезеннями	86
4.8 Висновки до розділу 4.....	94
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97
ДОДАТКИ.....	101
Додаток А Ілюстративна частина	
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	

ВСТУП

Актуальність теми. ХХ століття, що стало періодом безпрецедентного зростання міст і систем поселень, виявило необхідність розвитку і впровадження людством принципів сталого розвитку в сфері містобудування та територіального планування. Соціально-економічний розвиток регіону, якість життя населення та його мобільність залежать від стабільності транспортної системи міста, на формування якої значний вплив мають особливості його транспортно-планувальні бази та планувальна структура, яка повинна враховуватися при плануванні та управлінні транспортом.

У сучасних містах широко поширена прямокутна схема вулично-дорожньої мережі (ВДМ), однією з переваг якої є відсутність чітко вираженого центру міста, що сприяє відносно рівномірному розподілу транспортних потоків. До недоліків прямокутно-лінійної планувальної структури можна віднести:

- множинне перекриття маршрутів, що призводить до перевантаження дорожньої мережі та збільшення негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище;

- велика кількість перехресть (як регульованих, так і нерегульованих), що призводить до збільшення кількості конфліктних точок на дорожній мережі та ймовірності виникнення аварій.

В умовах зростання автомобілізації завдання підвищення ефективності роботи громадського транспорту набуває комплексного характеру, і крім питання забезпечення транспортних потреб населення, його слід розглядати з точки зору мінімізації навантаження на навколишнє середовище та забезпечення безпеки дорожнього руху. Одним із рішень є перехід з приватних автомобілів на громадський транспорт без шкоди для мобільності населення. Це можна забезпечити, значною мірою, за рахунок підвищення якості управління громадським транспортом у місті.

Завдання раціонального управління транспортними потоками, в тому числі і пасажирськими транспортними потоками в містах, не втратила своєї актуальності в останні роки і має велике наукове і практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Метою роботи є підвищення ефективності надання транспортних послуг для населення міста за рахунок скорочення часу доставки пасажирів, навантаження на вулично-дорожню мережу та негативного впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Провести теоретичні дослідження існуючих напрямків організації міських автобусних перевезень.
2. Визначити залежність часу доставки пасажирів від часу простою транспортного засобу в заторах і на підстанції під час очікування черги на подачу транспортного засобу до місця посадки, висадки, а також відсутності вільних місць в транспортному засобі.
3. Розробити систему управління міськими автобусними перевезеннями, інтелектуальним ядром якої є імітаційна модель, як метод прийняття управлінських рішень у сфері міського транспорту.
4. Розробити алгоритм прийняття рішень, заснований на мінімізації часу доставки пасажирів і загальної кількості ТЗ, що одночасно проходять через одну ділянку ВДМ.
5. Апробувати запропоновані методи підвищення ефективності автобусних перевезень у місті Вінниці.
6. Оцінити ефективність впровадження запропонованої системи управління міськими автобусами.

Об'єктом дослідження є процеси автобусних перевезень міського пасажирського транспорту.

Предметом дослідження є методи та моделі підвищення ефективності організації управління міськими автобусними перевезеннями.

Методи дослідження Методологічну основу магістерської кваліфікаційної роботи складають положення теорії пасажирських автомобільних перевезень, методи статистичного аналізу та прогнозування, математичного та імітаційного моделювання, маршрутизації транспорту, визначення пасажиропотоків та транспортної кореспонденції, опитувань та прогнозування інтенсивності руху. Достовірність рішень підтверджується збіжністю результатів моделювання з даними польових досліджень.

Наукова новизна:

1. Доповнено цільовий функціонал удосконалення міських автобусних перевезень, в основі якого лежить принцип мінімізації як часу доставки пасажирів, так і загальної кількості транспортних засобів, що одночасно проїжджають через одну ділянку, при збереженні мобільності населення.

2. При розрахунку середнього часу доставки пасажирів пропонується враховувати залежність середнього часу очікування пасажирів автобуса від коефіцієнта перевищення кількості вільних місць у транспортному засобі та залежність часу очікування транспортного засобу в черзі на посадку-висадку від коефіцієнта затримки ТЗ на ЗП.

3. Теоретично обґрунтовано значення коефіцієнта перевищення кількості вільних місць у транспортному засобі та коефіцієнта затримки ТЗ.

Достовірність результатів підтверджується:

- достатнім числом спостережень досліджуваних параметрів;
- коректністю застосування апробованого математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу.

Теоретична та практична значущість роботи полягає у розробці концептуальної моделі системи управління міськими автобусними перевезеннями, яка дозволяє здійснювати як стратегічне, так і оперативне управління за рахунок сформованої бази оптимальних рішень та альтернативних маршрутів об'їзду у разі виникнення критичної ситуації. Інтелектуальним ядром

системи є імітаційна модель транспортної системи міста. Модульний принцип системи керування дозволяє доповнити його мікромоделями проблемних зон, на яких можна опрацьовувати різні варіанти рішень. Розроблено науково-практичний метод визначення часу доставки пасажирів з урахуванням часу простою в заторах (при проходженні маршруту через проблемні ділянки ВДМ), збільшення часу очікування ТЗ у разі відмови у посадці у зв'язку з відсутністю вільних місць у транспортному засобі, а також часу посадки та висадки пасажирів з урахуванням часу простою ТЗ на ОП під час очікування черги на подачу ТЗ до місця посадки-висадки. Алгоритм підвищення ефективності роботи міського громадського транспорту вносить вагомий внесок у теорію та практику організації міських пасажирських перевезень.

Запропоновані в роботі науково-методичні підходи можуть бути використані муніципальними службовцями при формуванні маршрутної мережі та управлінні нормативно-кількісною структурою рухомого складу на маршрутах з метою зниження навантаження на ВДМ та негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення стійкості транспортної системи міста в цілому.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», Вінниця, 2026. [10].

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру [10].

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НАПРЯМІВ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

1.1 Сталий розвиток міських транспортних систем

Урбанізація є одним з ключових факторів впливу на розвиток сучасного світу. Цілком очевидно, що сьогодні міста є безперечними центрами життєдіяльності більшості населення планети, і ця тенденція збережеться і надалі [1]. Все це супроводжується зростанням автомобілізації і, як наслідок, призводить до таких проблем, як затори на дорогах, забруднення повітря, збільшення споживання енергії. Високий рівень транспортного навантаження тягне за собою ще одну проблему, яка вимагає комплексних рішень - збільшення кількості ДТП. Міжнародна увага до безпеки дорожнього руху останнім часом зросла з прийняттям Порядку денного у сфері сталого розвитку до 2030 року, який ставить за мету скоротити кількість смертей та травм у ДТП на 50%.

Оскільки транспорт є сферою, де для забезпечення сталого розвитку міських транспортних систем необхідно використовувати ефективні та екологічно обґрунтовані проекти та рішення [4]. Одним із шляхів досягнення цієї мети стала концепція «Avoid – Shift – Improve» («Скорочення – Перехід – Досконалість»), яка спрямована на зменшення споживання енергії, викидів, заторів та аварій, з кінцевою метою створення більш придатних для життя міст:

1. Скоротити кількість поїздок і відстані між точками формування і залучення пасажирських потоків за рахунок оптимізації землекористування, а також перерозподілу транспортних потоків таким чином, щоб знизити навантаження на проблемні ділянки в години пік. В основу цього принципу покладено зміну парадигми містобудування та популяризацію компактних міст як способу підвищення доступності та зменшення потреби в транспорті загалом.

2. Перехід на більш екологічні види транспорту, такі як громадський та немоторизований транспорт для пасажирів та залізничний та водний транспорт для вантажів. У Всесвітньому звіті про безпеку дорожнього руху за 2024 рік

зазначається, що перехід до більш екологічних видів транспорту, таких як громадський транспорт та велосипедний рух, має позитивні наслідки, якщо врегулювати наслідки, пов'язані з безпекою дорожнього руху. підвищення рівня фізичної активності, зниження рівня викидів та шуму, зменшення заторів на дорогах та покращення комфорту міського середовища. Крім того, заходи щодо популяризації безпечного громадського транспорту та немоторизованих транспортних засобів відповідають глобальним зусиллям щодо боротьби з ожирінням та зменшення тягаря неінфекційних захворювань (таких як хвороби серця та діабет).

3. Удосконалення технологій, що використовуються для зниження негативного впливу транспортних засобів на навколишнє середовище. Цей принцип включає в себе зниження маси транспортних засобів; використання транспортних засобів, що працюють на альтернативних видах палива; регулювання викидів транспортних засобів на законодавчому рівні; а також перехід до інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які використовують переваги інформаційно-комунікаційних технологій для поліпшення управління транспортною системою.

Розвиток транспортної системи міста відповідно до цих принципів сприятиме зменшенню залежності населення від приватних транспортних засобів та збільшенню використання громадських та немоторизованих видів транспорту, як для коротких відстаней, так і для щоденних поїздок на роботу.

В Україні на сьогоднішній день темпи зростання автомобілізації вище, ніж в європейських країнах, а рішення проблем сталого розвитку транспорту є пріоритетним напрямком при розробці транспортних стратегій міст. Існуючі приклади успішних стратегій розвитку сталих міських транспортних систем базуються на комплексному пакеті заходів. Такі «пакети» мають більше шансів отримати суспільне схвалення, оскільки пропонують одночасно кілька рішень, які окремо можуть виглядати як недоліки для окремих осіб, але при одночасному впровадженні приносять відчутну користь суспільству в цілому [15]. Основні

напрямки переходу до сталого транспорту, які реалізуються в ряді українських міст, практично не відрізняються від європейських країн (рис. 1.1).

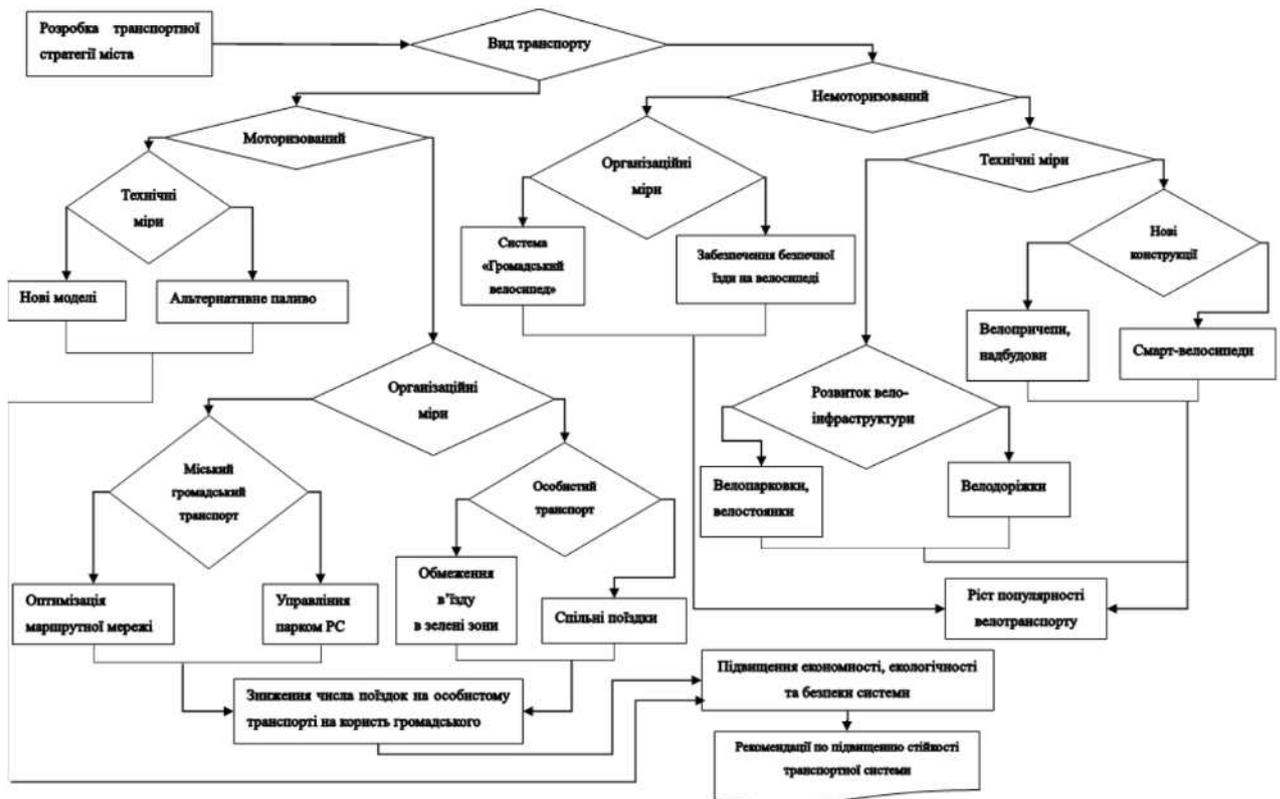


Рисунок 1.1 – Напрями сталого розвитку міських транспортних систем

Однак не всі маршрути по Україні будуть такими ж ефективними, як в Європі через різницю в природно-кліматичних умовах, рівні економічного розвитку, щільності забудови, особливостях містобудівних рішень і т.д. Тому одним з важливих напрямків розробки транспортних стратегій українських міст є підвищення ефективності громадського транспорту з метою його популяризації серед населення. Загалом кількість поїздок у містах на приватних автомобілях може бути зменшена за таких умов:

- транспортне сполучення між усіма частинами міста забезпечується громадським транспортом;
- транспортна доступність великих точок тяжіння для пасажиропотоків міста повинна бути добре забезпечена як громадським транспортом, так і інфраструктурою для пересування немоторизованого транспорту та пішоходів;

- наявність достатніх підстав для відмови від особистого автомобіля (наприклад, дефіцит і висока вартість паркувальних місць, інструменти фінансової політики: податки, збори і субсидії).

Система міського пасажирського транспорту повинна, з одного боку, створювати можливість комфортного і безпечного пересування пасажирів з найменшими тимчасовими і грошовими витратами, а з іншого - відповідати пропускній спроможності вулично-дорожньої мережі, мінімізувати навантаження на навколишнє середовище, а також забезпечувати безпеку дорожнього руху. Це вимагає вдосконалення існуючих і розробки нових методів управління міськими транспортними системами, реалізація яких дозволить громадському транспорту конкурувати з проїздом на приватних автомобілях.

Таким чином, на вибір способу пересування впливають такі показники функціонування ГПТ:

1. *Можливість дістатися в будь-яку точку міста з мінімальною кількістю пересадок і за мінімальний часовий інтервал.* Оскільки будь-яке місто розвивається, що тягне за собою появу нових центрів тяжіння для пасажирських потоків, маршрутна мережа ГПТ повинна коригуватися відповідно до змін транспортних потреб населення і структури пасажиропотоків.

2. *Вартість проїзду.* Сьогодні зниження вартості щоденних поїздок є головним аргументом для автовласників на користь громадського транспорту. Тому неприпустима ситуація, коли експлуатація особистого автомобіля обходиться дешевше, ніж користування громадським транспортом [2].

3. *Комфортабельність автобусів.* Значний вік підстанції, невідповідність місткості автобусів реальним потребам у пересуванні, передчасний знос транспортних засобів через те, що технічне обслуговування транспортного засобу проводиться «на вимогу», адже невеликі автопідприємства не мають власної ремонтної бази – це далеко не повний перелік перешкод, які існують сьогодні на шляху до забезпечення комфорту пасажирів.

4. *Швидкість.* Автобуси малої місткості стали особливо популярними на маршрутах ГРТ, в тому числі, тому, що, на думку пасажирів, вони здатні

забезпечити більш високу швидкість зв'язку. Однак, як показує досвід [17], надмірне збільшення числа маршруток призводить до їх накопичення на зупинках, до заторів через перевантаження ВДМ і, в кінцевому підсумку, навпаки, до збільшення часу перебування пасажирів.

5. *Час очікування автобуса на зупинці.* Експерти в області транспортної політики відзначають, що чітке дотримання графіка є ключовим параметром ефективності функціонування ГПТ, що впливає на час очікування автобуса, і, відповідно, на час доставки пасажирів в цілому [8].

6. *Поінформованість пасажирів.* В умовах постійного зростання потреби суспільства в пересуванні важливим моментом є передбачуваність і закономірність появи рухомого складу на зупинках. Варто зауважити, що тут мова не йде про електронні табло, де просто відображається розклад. Сенс мають тільки ті інформаційні табло, на яких відображаються актуальні дані про рух автобуса з урахуванням всіх затримок і невідповідностей існуючому графіку, отриманих завдяки системі ГЛОНАСС.

7. *Безпека.* Через відсутність місць для сидіння в години пік пасажирів дуже часто змушені їздити стоячи в маршрутках, які абсолютно не пристосовані до цього. Або, навпаки, в періоди спаду пасажиропотоку водії комерційних маршрутних автобусів часто змагаються між собою в боротьбі за пасажирів. Все це негативно позначається як на безпеці споживачів транспортних послуг, так і на безпеці руху в цілому.

8. *Екологічність.* Цей фактор не має прямого впливу на задоволеність населення якістю транспортних послуг. Однак його важливість незаперечна: за попередніми оцінками ЮНЕП, завдяки переходу на більш екологічно чисті види палива може запобігти кільком сотням тисяч передчасних смертей на рік [1].

Таким чином, завдання підвищення привабливості громадського транспорту вимагає використання комплексних рішень, заснованих на аналізі особливостей міста, його транспортної та планувальної бази, щільності забудови, чисельності населення, зонування територій тощо.

1.2 Вплив особливостей планування міст на розвиток транспортних систем

До основних планувальних рішень міських транспортних систем належать: радіальні, радіально-кільцеві, прямокутні та прямокутні діагональні планувальні схеми. У процесі містобудування, їх зростання і ускладнення структурної організації відбувається зміна вихідної структури за рахунок включення нових елементів інших схем. Головною особливістю українських міст є наявність принципово різних планувальних рішень. Наприклад, старі міста, які спочатку будувалися як фортеці з яскраво вираженим центром, слабо пристосовані до розвитку значних обсягів автомобільного руху. В основному це пов'язано з їх відносно невеликими площами та наявністю історично чітко визначеного центру міста. У таких моноцентричних містах, де більшість робочих місць і магазинів зосереджені в центрі міста, невідповідність пропускної спроможності вуличної та дорожньої мережі зростаючому трафіку часто призводить до серйозних заторів на дорогах. Тому стратегічні рішення, засновані на відмові від концепції «міста для авто», актуальні в таких містах.

Одним з найбільш поширених типів звичайного міста є місто з прямокутною системою планування, для якого характерна відсутність яскраво вираженого міського центру, велика кількість перехресть поздовжніх і поперечних вулиць, а також відносно рівномірне транспортне навантаження автомобільних доріг. Основним недоліком такої структури є наявність дублюючих ланок і відсутність найкоротших ланок в діагональних напрямках, що призводить до перетину маршрутів при проектуванні системи громадського транспорту.

Таким чином, при виборі стратегії розвитку транспортної системи необхідно враховувати особливості кожної країни, регіону, міста: існуючу транспортно-просторову базу міста, рівень автомобілізації населення, перспективи соціально-економічного розвитку, природно-кліматичні умови та інші. Тому при управлінні транспортними системами необхідно не тільки спиратися на наявні успішні приклади і рішення, а й прогнозувати, наскільки

вони застосовні в конкретних умовах, які ризики і до яких наслідків можуть призвести непродумані заходи в сфері транспортної політики.

Для того щоб врахувати можливі ризики та наслідки при розробці стратегії розвитку транспортної системи та прийнятті управлінських рішень, а також спрогнозувати ефективність запропонованих рішень, необхідно створити систему управління міськими автобусними перевезеннями.

1.3 Вітчизняний та зарубіжний досвід управління міськими автобусними перевезеннями

1.3.1 Організація управління транспортними системами міст

Ефективність функціонування транспортних систем насамперед забезпечується створенням ефективної системи управління.

Об'єктами контрольних дій у транспортних системах міст можуть бути:

- маршрути як GPT, так і окремих транспортних засобів;
- інтервали руху автобусів на маршрутах;
- структура парку маршрутних транспортних засобів і т.д.

Способами впливу на ці об'єкти є:

- варіативність типів транспортних засобів різної місткості, внаслідок чого змінюється кількість транспортних засобів на маршруті, а також інтервали руху в різний час доби (за умови забезпечення транспортних потреб населення);

- відкриття нових маршрутів, а також зміна або закриття існуючих маршрутів; створення більш коротких, резервних або маршрутів, що працюють виключно в години пік;

- правове регулювання;

- координація дій і координація між транспортними підприємствами міста і взаємне врахування їх інтересів;

- створення системи управління та перерозподілу транспортних потоків (оперативне отримання даних про місцезнаходження транспортного засобу та його стан, комунікація з водіями, формування підходів до оптимізації розробки автоматизованих систем диспетчерського контролю тощо).

1.3.2 Інтелектуальні транспортні системи

Оскільки оптимізація функціонування міського пасажирського транспорту можлива лише за умови комплексного підходу, використання інформаційних технологій для автоматизації управління дорожнім рухом і, як наслідок, створення ІТС сьогодні стає пріоритетним завданням і навіть системною стратегією.

Технологія автоматизованого управління транспортом схематично представлена на (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Укрупнена схема технології автоматизованого управління транспортом

У цій же роботі автор наголошує на важливості отримання оперативної та достовірної інформації з ПС для її подальшого аналізу та прийняття управлінських рішень.

Системи контролю повинні забезпечувати автоматичну ідентифікацію дорожньо-транспортних пригод (їх фіксацію), контроль за станом дорожнього покриття (утворення снігових заметів, льоду), контроль за процесом руху (дотримання водіями швидкісного режиму, а також режиму праці та відпочинку

водіїв), а також надавати водіям оперативну інформацію про дорожню обстановку, можливі затори на запланованому маршруті тощо.

Таким чином, завданням ІТС є збір інформації (про завантаженість доріг, параметри транспортних потоків, аварії та умови руху транспортних засобів тощо), її подальшу обробку та формування рекомендацій. Тому необхідною умовою створення систем управління рухом є формування стратегічних концепцій, сукупності моделей керованого об'єкта і алгоритмів обробки інформації та прийняття управлінських рішень на їх основі [13].

1.3.3 Аналіз основних напрямів організації та інтелектуалізації управління в транспортних системах

Основні аспекти організації та інтелектуалізації управління транспортом вивчені і відображені в працях різних авторів. До основних напрямів наукових досліджень належать:

- системи управління транспортом: як приватними транспортними та вантажними автомобілями, так і громадським транспортом;

- системи маршрутизації.

Закордонними науковцями запропонувала модель системи управління транспортними потоками, яка за допомогою імітаційного моделювання дає можливість прогнозувати інтенсивність руху на перехрестях і вулицях міста і оптимізувати режими роботи світлофорів відповідно до прогнозів. Система управління транспортними потоками, дає можливість реєструвати інтенсивність транспортного потоку на перехрестях і контролювати тривалість циклу дозвільних сигналів світлофорів. Система координує роботу світлофорів таким чином, щоб зелений сигнал включався з певним зсувом у часі по відношенню до попереднього перехрестя, створюючи так звану «зелену хвилю».

Група вчених Huey-Kuo Chen, Der-Horng Lee і Chieh-Tang Fu [20] розробила систему Vehicle Route Guidance System (VRGS), засновану на багаторівневому управлінні дорожнім рухом і складається з трьох модулів: модуля для вибору

руху в залежності від класу водія, модуля для вимірювання інтенсивності транспортного потоку і модуля для побудови маршруту.

Українські науковці запропонували застосовувати принципи ситуаційного управління при організації транспортного процесу. Це дозволяє підвищити швидкість і якість прийняття управлінських рішень за рахунок автоматизації процесу розпізнавання критичної ситуації, пропозиції декількох альтернативних рішень, а також оцінки наслідків кожного запропонованого управлінського дії. Крім того, розроблена динамічна модель маршрутів GPT у поєднанні з оснащенням автобусів бортовим обладнанням сприяє дотриманню розкладу руху маршрутних транспортних засобів та забезпеченню пасажирів актуальною інформацією.

Однак комплексний підхід може бути реалізований тільки при створенні повноцінної ІТС, що складається з:

- датчики та відеокамери, встановлені на всіх елементах транспортної системи (ПС ГПТ, окремі транспортні засоби, зупинні пункти, в'їзди/виїзди на ділянках дорожньої мережі тощо) для збору актуальної та повної інформації;

- інтелектуальне ядро для аналізу та оцінки даних, а потім надання рекомендацій.

- засоби, що мають керуючі ефекти («розумні світлофори», інформаційні табло, багатопозиційні знаки, автоматизоване планування роботи МПТ).

В даний час в містах впроваджуються навігаційно-інформаційні системи (НІС) для збору оперативної інформації про рух транспортних засобів і ефективного управління пасажирським транспортом. Результатом масштабного впровадження цієї системи стало оснащення бортовим обладнанням транспортних засобів. Представники НП ГЛОНАСС і консалтингової компанії Strategy Partners говорять про такі показники ефективності використання технологій супутникової навігації на транспорті, як підвищення продуктивності праці (на 30%), зниження витрат на ремонт транспортних засобів (до 10%) і зниження витрат на паливо (з 15 до 30%) [24].

Крім того, впровадження передових технологій, заснованих на використанні систем супутникової навігації та зв'язку, підвищує якість та ефективність процесу перевезення, забезпечуючи дотримання графіка доставки вантажів і громадського транспорту.

Однак, оскільки на сьогоднішній день бортовим обладнанням в обов'язковому порядку оснащуються тільки транспортні засоби, що перевозять пасажирів, небезпечні і великогабаритні вантажі, а також рухомий склад житлово-комунального господарства і швидкої медичної допомоги [26], не можна стверджувати, що існуючі НІС надають диспетчерським центрам повну інформацію про інтенсивність транспортних потоків. Крім того, функціонування системи управління автобусним транспортом міста неможливий без даних про потреби населення в пересуванні. Тому багато зарубіжних вчених в своїх роботах розглядають інші шляхи підвищення ефективності і безпеки міських пасажирських перевезень: перерозподіл транспортних потоків за рахунок вдосконалення маршрутної мережі МПТ і управління структурою автопарку.

1.4 Огляд робіт у сфері маршрутизації міського автобусного транспорту

1.4.1 Застосування евристичних і метаевристичних методів

Оскільки основною функцією громадського транспорту є забезпечення мобільності населення, маршрутна мережа ГПТ повинна задовольняти потреби пасажирів. Проблема маршрутизації транспортних засобів (VRP) може бути вирішена евристичними методами, але вони не гарантують знаходження оптимального рішення. У зв'язку з цим протягом останніх кількох років різні автори (Liang Sun [27], Huang Z.D. [28], Yavuz Y. and Ulusoy [29]) розробляли методи, які б поєднували гнучкість евристики та строгість моделей лінійного програмування для вирішення проблем маршрутизації транспорту.

Будівництво маршрутів міського автобусного транспорту можна віднести до проблеми маршрутизації транспортних засобів зі стохастичним попитом

(VRPSD), де попит на перевезення змінюється випадковим чином залежно від великої кількості факторів. Ця проблема може бути вирішена за допомогою методології робастної оптимізації. Наприклад, Liang Sun у своїй роботі [27] запропонував робастну модель умовного очікування комбінаторного напіввідхилення (the conditional expectationcombinatorial semi-deviation robust model – CE-CSDRM), де метою оптимізації є мінімізація умовного математичного очікування від загальних транспортних витрат, а обмеженнями є максимальна вантажопідйомність існуючого транспорту. Цей підхід зменшує стандартну похибку відхилення в порівнянні з іншою існуючою робастною моделлю напіввідхилення з математичним очікуванням (the expectation-value semi-deviation robust model – E-SDRM).

Група вчених Huang Z.D., Liu X.J., Huang C.C. та Shen J.W. у своїй роботі [28] для оптимізації мережі автобусних маршрутів пропонується використовувати геоінформаційні системи та генетичний алгоритм. Запропоноване рішення складається з набору евристик, які включають підпрограму для генерації маршруту та генетичний алгоритм для знаходження субоптимального набору маршрутів з відповідною частотою. Одним з важливих факторів у цій процедурі є впровадження екологічно чистих транспортних засобів («зеленого» транспорту) в існуючий парк рухомого складу МПТ.

Використання генетичного алгоритму також дозволило вирішити проблему мінімізації транспортних витрат при розробці міської автобусної транспортної системи, що поєднує в собі різні типи маршрутів (базовий, експрес, скорочений), як це представлено в роботі Ulusoya Y.Y. і Chien S. I-Jy [29]. Цільовою функцією розробленої математичної моделі є об'єктивна сумарна вартість середнього автобусного маршруту, яка оптимізується з урахуванням ряду обмежень, таких як якісні та кількісні характеристики наявного парку рухомого складу, існуюча потреба в перевезеннях, інтервали руху транспортних засобів тощо.

У роботі Данга Х.Л. використання методів ентропійного моделювання і графового методу дозволило вивчити і сформулювати систему маршрутної мережі міського пасажирського транспорту. При розробці можливих варіантів маршруту

враховуються такі обмеження, як протяжність маршруту і необхідність з'єднання всіх районів міста. При цьому вибір оптимального варіанту автобусної мережі здійснюється з метою мінімізації часу пересування пасажирів і кількості їх пересадок.

Для вирішення проблеми багатовимірної маршрутизації Чжо Мьо Хан, проаналізувавши існуючі методи маршрутизації в своїй роботі запропонував модифікувати алгоритм Дейкстри шляхом попереднього ранжування маршрутів для визначення послідовності вибору одного з них в процесі планування.

1.4.2 Застосування методів математичного моделювання

При розробці та коригуванні схеми маршруту міста необхідно враховувати безліч параметрів, що впливають на транспортну систему, а також визначати можливі позитивні та негативні наслідки тих чи інших пропозицій. Оскільки це передбачає трудомісткі дослідження та практичні експерименти, науково обґрунтовані рішення традиційно приймаються за допомогою моделювання аналітичних процесів. У роботах відомих науковців цільовою функцією, що лежить в основі оптимізації маршрутних транспортних схем, є один з наступних параметрів:

- мінімальний сумарний час доставки пасажирів;
- мінімальний час очікування в пункті зупинки;
- мінімальні питомі витрати на пересування транспортних засобів за маршрутами;
- максимальний прибуток транспортної компанії;
- мінімальна кількість пасажирських транспортних засобів на маршруті тощо.

Однак формування маршрутної мережі неможливо без урахування таких параметрів трафіку, як пропускна здатність ділянок UDS і інтенсивність руху транспортних засобів. Моделювання трафіку ґрунтується на залежностях між основними характеристиками транспортного потоку.

У роботі [14] запропоновано багатофакторну модель впливу характеристик маршрутів GPT на аварійність. Основними характеристиками маршруту були протяжність траси, середня робоча швидкість на маршруті, конкретна кількість зупинкових пунктів, світлофорів і підземних пішохідних переходів.

Автор [15] побудував математичні моделі для визначення характеристик щільності транспортного потоку. Визначення щільності транспортного потоку дає можливість спрогнозувати подальший стан навантаження вулично-дорожньої мережі, істотно сприяючи вирішенню проблеми завантаженості доріг.

Автори роботи [16] вибрали для узагальненої цільової функції два параметри ефективності: час очікування транспортного засобу на ОП та зменшену масу викидів шкідливих речовин. Однак для спрощення моделі автори не враховують відмови в посадці пасажирів у разі переповненості транспортного засобу.

При цьому слід мати на увазі, що опис багатопараметричних процесів в багатофункціональних системах аналітичними методами може зажадати значних ресурсів. У зв'язку з цим імітаційне моделювання транспортних потоків стає основним методом визначення оптимального стану досліджуваних систем при різних значеннях параметрів [3].

1.4.3 Застосування методів імітаційного моделювання

Група вчених в роботі [15] пропонують застосовувати агентне моделювання для вирішення логістичних завдань міського транспорту, так як такий підхід дозволяє приймати оптимальні для всіх зацікавлених сторін рішення шляхом моделювання кожної сторони як автономного агента. Автор роботи [18] використовував агентно-орієнтоване моделювання для виявлення закономірностей у виборі маршруту руху, а також траєкторії руху при маневруванні. Отримані закономірності можуть стати основою для контролю руху транспортних потоків, наприклад, за рахунок оптимізації регулювання світлофорів.

Імітаційна модель, запропонована в [29], призначена для визначення раціональних параметрів координованого управління рухом транспортних засобів в містах з прямокутним розташуванням ВДМ. Метод координованого управління дорожнім рухом використовується також в роботі [25] при імітаційному моделюванні нерегульованого перехрестя з пріоритетом руху в одному напрямку. Дослідником запропоновані формули перетворення функції інтенсивності транспортного потоку, а також формули для розрахунку затримки руху в так званих «вузьких місцях» ВДМ. Крім того, програмне забезпечення, реалізоване на основі розробленої моделі, може бути використано для розрахунку параметрів регулювання дорожнього руху.

Автори [21] пропонують використовувати для аналізу транспортних потоків імітаційну модель системи міського транспорту, реалізовану за допомогою засобів імітаційного моделювання GPS. Розроблена модель дає можливість прогнозувати поведінку системи громадського транспорту при зміні таких параметрів її функціонування, як кількість транспортних засобів на маршрутах (за видами) та їх графіки. Цільова функція - середнє навантаження на транспортні засоби.

Багато вчених використовують для побудови транспортних моделей програмні продукти PTV Vision®: VISSIM і VISUM, які, будучи вузькоспеціалізованими пакетами для транспортного моделювання, мають певні переваги.

Для поліпшення функціонування складних систем, таких як транспортні системи, необхідний комплексний підхід. Також варто при розробці методики планування маршрутного розкладу враховувати інтереси як керівництва транспортного підприємства, так і пасажирів. Однак при моделюванні руху громадського пасажирського транспорту не враховується вплив завантаженості ВДМ на час очікування транспортного засобу, а, відповідно, і на час доставки пасажирів в цілому.

1.5 Загальна характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Історія КП "Вінницька транспортна компанія" починається з 1913 року, коли перші сім вагонів почали свій шлях вулицями міста. Власником підприємства, є територіальна громада міста Вінниці в особі Вінницької міської ради. 27 лютого 2014 року рішенням 45-ої сесії Вінницької міської ради було змінено назву комунального підприємства "Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління" на комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія", скорочено КП "ВТК".

Окрім експлуатації міського електричного та автомобільного транспорту загального користування, КП "ВТК" відповідає за експлуатацію та функціонування аеродрому, прийняття та відправлення повітряних суден з нього із забезпеченням авіаційних перевезень пасажирів та вантажів.

Площа території підприємства складає 1.05 га. Виробничо-технічна база підприємства складається із виробничого корпусу, в якому знаходяться зони ТО і ПР автобусів і ремонтні дільниці; адміністративний корпус; площадки для відкритого зберігання автобусів. Головний виробничий корпус має загальну площу 2160 м², з якої 1922,3 м² – корисна. Габарити споруди 60х36 м. Крок колон 12х6 та 6х6.

Щоб запобігти наїзду автобусів на колони, навколо них споруджено колесовідбійні тротуари. Під колонами знаходиться монолітний бетонний фундамент. Висота дверей, які ведуть у виробничі приміщення – 2.4 м. Ворота виконані двостворчатими.

Зона ТО і ПР рухомого складу має площу 1008 м², токарна дільниця – 32,5 м², слюсарна – 16,4 м², шиномонтажна та вулканізаційна – 11,6 м², електроцех -12,0 м², бляхарсько-зварювальна – 10,9 м². Роботи з ТО та ПР виконуються на чотирьох універсальних постах, обладнаних підйомниками, спеціалізованим обладнанням та інструментом. Для в'їзду, виїзду автомобілів в зоні передбачено четверо воріт розмірами 4х4 м. Для робітників передбачено вхід через двері, які розташовані в воротах.

Для забезпечення зони водою використовується місцева комунікаційна мережа з технічною та питною водою. Використовується електропостачання 380/220 В. Перелік основного обладнання на дільницях виробничого корпусу. Електротехнічна дільниця:

- випрямлювач ВСА-111К;
- настільний свердлильний станок 2М112;
- стенди Э 240, Э 236.

Токарний цех: станок розточний SV18P (Чехо-словакія); - станок свердлильно-розточний 1А62; - станок заточний ЗТШ-200.

Шиноремонтна дільниця: - апарат вулканізаційний Ш-109; - станок для балансування коліс К-121; - бортувальний стенд Ш-501М.

Слюсарно-механічна дільниця: - станок токарно-гвинторізний 1А616П; - станок вертикально-свердлильний 2Б125.

Адміністративний корпус – двоповерхова будівля, в приміщенні якої розташовуються диспетчерська та служба управління.

На стоянці автобуси розташовані під кутом 60° до осі проїзду, зі 100% незалежним виїздом.

Для забезпечення обігріву побутових та виробничих приміщень на підприємстві використовують альтернативні джерела енергії, а саме повітряний теплогенератор, який працює на деревині. В 2017 році на даху виробничих приміщень автобусного парку Вінницької транспортної компанії встановили сонячні колектори для підігріву води.

Вінницька транспортна компанія спеціалізується на наданні послуг по пасажирських перевезеннях в межах міста. Проте для забезпечення функціонування інфраструктури транспортної компанії на підприємстві є близько 40-ка одиниць відомчих транспортних засобів (табл. 1.1) в тому числі вантажні, легкові автомобілі, мікроавтобуси та спеціалізовані транспортні засоби. Також на території муніципального автобусного парку проводиться ремонт позашляховиків для ЗСУ та виконувалась збірка військового багі.

Таблиця 1.1 – Перелік транспортних засобів КП «ВТК» (крім автобусів)

№ з.п.	Марка автомобіля.	Номерний знак.	Рік випуску
1	2	3	4
1	Ford Trucks 1833 DC	AB 32-06 KE	2023
2	МАЗ АТ70М-041	AB8860EK	2019
3	Mersedes-Bens Sprinter	AB 74-75 KE	2018
4	ЗАЗ ВІДА	AB 5832CH	2017
5	ГАЗ 3309АП-18-09	AB 3156CI	2016
6	Nissan Leaf	AB 2502CX	2014
7	ГАЗ 3309-357	AB4649 AO	2013
8	ЗАЗ ВІДА	AB5557BX	2013
9	Renault Kangoo	AB1090EA	2013
10	Газ 330232-288	AB 49-61CT	2012
11	ГАЗ АС- G-2705-ВІП6	AB 49-56CT	2011
12	DAEWOO LANOS	AB 5532 BB	2008
13	ГАЗ 32214718	AB48-94CK	2006
14	ГАЗ 3301	AB 49-60CT	2005
15	ЗАЗ 110247	AB49-70CT	2004
16	ВАЗ 2107	AB 48-96CT	2004
17	ВАЗ 2121	AB49-57CT	2001
18	ВАЗ 21063	AB46-66CP	1993
19	ЗИЛ 431610	75-73ВИП	1992
20	КРАЗ	AB 5496BX	1992
21	ЗИЛ ММЗ 554М	AB 49-63CT	1992
22	Причеп	AB20-79ХК	1992
23	ЗИЛ ММЗ	9392 ВИП	1992
24	ЗИЛ ММЗ 554М	AB 49-62CT	1992
25	ЗИЛ 133 ГЯКС 3575	AB49-64CT	1992
26	ЗИЛ ММЗ	9391 ВИП	1992
27	ЗИЛ 431610	7575 ВИП	1992
28	ЗИЛ ММЗ 4502	AB49-68CT	1992
29	ЗИЛ 431610	AB 49-73CT	1992
30	ВАЗ 2107	AB9867CA	1992
31	ЗИЛ ММЗ 5402	AB8296EK	1992
32	Причеп ИР 5	AB8052ХК	1988
33	ГАЗ 53-12ТК-13А	AB 48-86CT	1986
34	КАТО НК 200	AB 86-66CK	1986
35	МАЗ 3562 КС	AB1507AB	1982
36	ГАЗ 53А	AB49-66CT	1982

Вінницька транспортна компанія – це провідне комунальне підприємство у сфері громадського транспорту міста Вінниця. Вінницька транспортна компанія забезпечує надійне та якісне перевезення пасажирів тролейбусами,

трамваями та автобусами, обслуговуючи більшу частину транспортних маршрутів міста.

Вінницька транспортна компанія була заснована в середині 20-го століття і з того часу постійно вдосконалюється. Особливого розвитку компанія досягла на початку 21-го століття завдяки впровадженню сучасних технологій та оновленню рухомого складу. У 2014 році муніципальний автобусний парк було виокремлено в окремий підрозділ КП «Вінницька транспортна компанія», який розташувався за адресою: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19.

Основні види діяльності:

1. Тролейбусні перевезення: Вінницька транспортна компанія експлуатує сучасний парк тролейбусів, Середній вік тролейбусного парку – один з найнижчих в Україні.

2. Трамвайні перевезення: Вінниця відома своїми швейцарськими трамваями, що були передані місту з Цюріха. Вони забезпечують швидке і комфортне пересування пасажирів по основних артеріях міста.

3. Автобусні перевезення: Компанія експлуатує сучасні автобуси, які забезпечують перевезення пасажирів у віддалені райони міста та передмістя. Перелік муніципальних автобусів, які експлуатуються в компанії наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Перелік автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Держ. номер	Марка, модель автобуса	Вид палива
1	2	3
01-93	Богдан А70130	дизельне
01-94	Богдан А70130	дизельне
01-95	Богдан А70130	дизельне
01-96	Богдан А70130	дизельне
06-52	Богдан А70110	дизельне
06-54	Богдан А70110	дизельне
06-63	Богдан А70110	дизельне
06-65	Богдан А70110	дизельне
06-67	Богдан А70110	дизельне
06-70	Богдан А70110	дизельне
06-71	Богдан А70110	дизельне

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
06-72	Богдан А70110	дизельне
06-73	Богдан А70110	дизельне
06-76	Богдан А70110	дизельне
05-01	Богдан А70132	дизельне
05-02	Богдан А70132	дизельне
05-03	Богдан А70132	дизельне
05-04	Богдан А70132	дизельне
05-08	Богдан А70132	дизельне
05-11	Богдан А70132	дизельне
05-16	Богдан А70132	дизельне
05-17	Богдан А70132	дизельне
05-18	Богдан А70132	дизельне
05-19	Богдан А70132	дизельне
05-20	Богдан А70132	дизельне
05-21	Богдан А70132	дизельне
05-27	Богдан А70132	дизельне
05-28	Богдан А70132	дизельне
05-33	Богдан А70132	дизельне
05-35	Богдан А70132	дизельне
05-36	Богдан А70132	дизельне
05-38	Богдан А70132	дизельне
05-39	Богдан А70132	дизельне
05-40	Богдан А70132	дизельне
05-42	Богдан А70132	дизельне
05-43	Богдан А70132	дизельне
05-44	Богдан А70132	дизельне
05-45	Богдан А70132	дизельне
05-46	Богдан А70132	дизельне
05-47	Богдан А70132	дизельне
05-48	Богдан А70132	дизельне
05-49	Богдан А70132	дизельне
06-68	ЛАЗ-А183 D1	дизельне
06-74	ЛАЗ-А183 D1	дизельне
06-79	ЛАЗ-А183 D1	дизельне
01-02	VDL CITEA LLE 120.225	дизельне
01-03	VDL CITEA LLE 120.225	дизельне
05-94	АТАМАН (ISUZU) А092G6	стиснений природній газ
07-45	АТАМАН (ISUZU) А092G6	стиснений природній газ
11-68	АТАМАН (ISUZU) А092G6	стиснений природній газ
11-69	АТАМАН (ISUZU) А092G6	стиснений природній газ
12-69	АТАМАН (ISUZU) А092G6	стиснений природній газ
01-68	Otokar Kent C CNG	стиснений природній газ
01-78	Otokar Kent C CNG	стиснений природній газ
01-79	Otokar Kent C CNG	стиснений природній газ
01-81	Otokar Kent C CNG	стиснений природній газ
37-69	Skywell 225	електрика

Вінницька транспортна компанія володіє розвиненою інфраструктурою, включаючи депо, ремонтні бази та сучасні диспетчерські центри. Вінницька транспортна компанія активно впроваджує електронні системи контролю та управління, що дозволяє підвищувати ефективність роботи та покращувати якість обслуговування пасажирів.

Компанія постійно дбає про екологію міста, впроваджуючи екологічно чисті види транспорту та знижуючи викиди шкідливих речовин. Понад 95% автобусів Вінницької транспортної компанії відповідають екологічним нормам Євро-5 або Євро 6. Експлуатується один електробус.

Вінницька транспортна компанія також забезпечує доступність транспорту для маломобільних груп населення та надає пільги для соціально незахищених верств населення. Всі автобуси обладнані площадками для перевезення пасажирів з обмеженими можливостями на візочках.

Вінницька транспортна компанія планує продовжувати оновлення рухомого складу, впровадження новітніх технологій та підвищення комфорту для пасажирів. Протягом останнього року було придбано 3 автобуси. Одним з ключових напрямків розвитку є збільшення частки електротранспорту у загальному транспортному потоці міста.

Завдяки злагодженій роботі колективу та підтримці місцевої влади, Вінницька транспортна компанія залишається надійним і ефективним оператором громадського транспорту, що робить значний внесок у розвиток інфраструктури міста.

Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» знаходиться за адресом: м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе. 29 Україна, 21036, а її структурні підрозділи розосереджені по всьому місту. Починаючи з 2009 року на підприємстві організували перевезення в межах міста пасажирів муніципальними автобусами. У 2014 році завершено будівництво муніципального автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія», який знаходиться за адресом: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19. Кожного року автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія» оновлює та розширює

свій рухомий склад та матеріально технічну базу на території якого розташувались муніципальні автобуси та транспортні засоби, які забезпечують функціонування підприємства, зокрема спеціалізований транспорт.

Предметом діяльності підприємства є:

– пасажирський наземний транспорт міського та приміського сполучення, у тому числі:

- міський електричний транспорт (відповідно до Договору про організацію надання транспортних послуг з перевезень пасажирів міським електричним транспортом);

- міський автомобільний транспорт загального користування;

- вантажний автомобільний транспорт;

- забезпечення експлуатації і функціонування аеродрому, будівель, споруд, інженерних мереж та інших об'єктів аеродромного обладнання, пасажирського та вантажного терміналів, а також засобів механізації і спеціалізованого транспорту';

- прийняття та відправлення повітряних суден із забезпеченням авіаційних перевезень пасажирів, вантажів, багажу та пошти необхідними засобами;

- допоміжне обслуговування авіаційного транспорту;

- технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;

- ремонт і технічне обслуговування інших транспортних засобів;

- надання послуг з перевезення речей (переїзду);

- транспортне оброблення вантажів;

- інша допоміжна діяльність у сфері транспорту;

- складське господарство;

- будівництво житлових і нежитлових будівель;

- будівництво доріг і автострад;

- будівництво трубопроводів;

- будівництво споруд електропостачання та телекомунікацій;

- будівництво інших споруд;
- електромонтажні роботи;
- монтаж водопровідних мереж, систем опалення та кондиціонування;
- інші будівельно-монтажні роботи;
- штукатурні роботи;
- покриття підлоги й облицювання стін;
- малярні роботи та скління;
- інші роботи із завершення будівництва;
- покрівельні роботи;
- ремонт і технічне обслуговування готових металевих виробів;
- ремонт і технічне обслуговування електричного устаткування;
- ремонт і технічне обслуговування інших машин та устаткування;
- установлення та монтаж машин і устаткування;
- надання в оренду й експлуатацію власного чи надання в суборенду орендованого майна;
- надання в оренду автомобілів і легкових автотранспортних засобів;
- надання в оренду вантажних автомобілів;
- надання в оренду будівельних машин і устаткування;
- надання в оренду інших машин, устаткування та товарів;
- управління нерухомим майном за винагороду або на основі контракту;
- діяльність готелів і подібних засобів тимчасового розміщення;
- діяльність інших засобів тимчасового розміщення;
- діяльність ресторанів, надання послуг мобільного харчування;
- виробництво готової їжі та страв;
- постачання інших готових страв;
- обслуговування напоями;
- інші види роздрібною торгівлі в неспеціалізованих магазинах;
- діяльність туристичних агентств;
- надання інших послуг бронювання та пов'язана з цим діяльність;

- діяльність інформаційних агентств;
- надання інших інформаційних послуг;
- інші види видавничої діяльності;
- діяльність лікарняних закладів;
- інша діяльність у сфері охорони здоров'я;
- видання довідників і каталогів;
- рекламна діяльність і дослідження кон'юнктури ринку;
- організація інших видів відпочинку та розваг.
- допоміжне обслуговування наземного транспорту, в тому числі:- функціонування доріг, мостів, тунелів, паркувальних майданчиків, платних автостоянок або гаражів, стоянок для велосипедів, зберігання житлових автофургонів і причепів у зимовий період;
- утримання та поточний ремонт мереж електротранспорту: трамвайних, тролейбусних, фунікулерних, метро, тощо.

1.6 Структура автотранспортного парку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

В автотранспортному парку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» налічується 76 автобусів великої пасажиромісткості, що здійснюють пасажирські перевезення в м.Вінниця. З них автобусів Богдан А70132 – 30 од., Богдан А70130 – 4 од., Богдан А70110 – 16 од. та автобусів ЛАЗ – А183 – 8 од. 8 автобусів АТАМАН (ISUZU) А092G6, 10 автобусів Otokar Kent C CNG та 1 електробус Skywell. Автобуси мають понижену підлогу та спеціальний пандус для людей на візках. Також на підприємстві є 37 одиниць транспортних засобів серед яких легкові автомобілі (в тому числі два електромобілі), автофургони, автокрани, вантажні та спеціальні автомобілі для обслуговування електричних мереж для трамваїв та тролейбусів.

Загальний перелік автобусів автотранспортного парку КП «ВТК», які працюють на дизельному паливі представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Перелік дизельних автобусів автотранспортного парку КП «ВТК»

№ п/п	Державний номер	№ п/п	Державний номер	№ п/п	Державний номер
1	2	3	4	5	6
Богдан А70132					
1	AB0501AA	11	AB0519AA	21	AB0540AA
2	AB0502AA	12	AB0520AA	22	AB0542AA
3	AB0503AA	13	AB0521AA	23	AB0543AA
4	AB0504AA	14	AB0527AA	24	AB0544AA
5	AB0506AA	15	AB0528AA	25	AB0545AA
6	AB0507AA	16	AB0533AA	26	AB0546AA
7	AB0508AA	17	AB0535AA	27	AB0547AA
8	AB0516AA	18	AB0536AA	28	AB0548AA
9	AB0517AA	19	AB0538AA	29	AB0549AA
10	AB0518AA	20	AB0539AA	30	AB0511AA
Богдан А70130					
1	AB0193AA	3	AB0195AA	4	AB0196AA
2	AB0194AA				
Богдан А70110					
1	AB0197AA	7	AB0663AA	13	AB0672AA
2	AB0651AA	8	AB0664AA	14	AB0673AA
3	AB0652AA	9	AB0665AA	15	AB0676AA
4	AB0653AA	10	AB0667AA	16	AB0013AA
5	AB0654AA	11	AB0670AA		
6	AB0655AA	12	AB0671AA		
ЛАЗ – А183					
1	AB0662AA (A183D1)	4	AB0674AA (A183D1)	7	AB0679AA (A183D1)
2	AB0668 AA (A183D1)	5	AB0675AA (A183D1)	8	AB0512AA (A183FO)
3	AB0669AA (A183FO)	6	AB0678AA (A183D1)		

1.7 Висновки до розділу 1

Вивчення основних напрямів організації управління міськими автобусними перевезеннями дозволяє зробити наступні висновки:

1. Формування міської інфраструктури має відбуватися відповідно до основних принципів парадигми сталого розвитку, один з яких передбачає збільшення частки громадського транспорту в структурі пасажирських перевезень. Це можливо при наявності однозначних переваг міського пасажирського транспорту перед індивідуальним.

2. При вдосконаленні маршрутної мережі міського пасажирського транспорту необхідно враховувати вплив особливостей планування міста на розвиток транспортних систем, а також прогнозувати можливі наслідки управлінських рішень, що може бути забезпечено впровадженням автоматизованої системи управління. Однак, оскільки існуючі системи організації дорожнього руху функціонують з неповними даними про трафік через недостатнє оснащення транспортних засобів навігаційним і комунікаційним обладнанням, необхідно шукати інші методи прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень.

3. Численні дослідження зарубіжних авторів присвячені вдосконаленню управління міським громадським транспортом. Однак в існуючих моделях не врахована залежність часу подачі пасажирів від простою транспортного засобу в заторах, відсутності вільних місць в транспортному засобі і від простою на підстанції під час очікування в черзі на подачу транспортного засобу до місця посадки і висадки.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

2.1 Теоретичні аспекти моделювання

При розробці ефективних стратегій управління транспортними системами необхідно враховувати велику кількість факторів, як внутрішніх, так і зовнішніх, особливості взаємодії підсистем, а також прогнозувати можливі ризики і наслідки запропонованих рішень. Удосконалення управління у великих організаційно-технічних системах, таких як транспортні системи міст, у зв'язку з їх розвитком (зміна конфігурації ВДМ та маршрутної мережі ГПТ, оптимізація організації дорожнього руху: встановлення або зняття дорожніх знаків, зміна схем регулювання світлофорів тощо) пов'язане з необхідністю проведення повномасштабних експериментів. Це викликає труднощі, так як не тільки вимагає великих фінансових, тимчасових і людських ресурсів, але і пов'язане з високим рівнем ризику.

Тому наукові дослідження полягають у проведенні експериментів з використанням модельних систем. Таким чином, для прогнозування наслідків реалізації управлінських рішень та аналізу варіантів проектування використовуються методи моделювання транспортних процесів, засновані на математичній теорії транспортних потоків.

Багато вчених стоять перед вибором, які моделі використовувати для вирішення актуальних завдань: математичні або імітаційні. Використання математичних моделей для вивчення і управління багатопараметричними системами, до яких відносяться міські транспортні системи, може потребувати значних ресурсів. Тому для вирішення проблеми вдосконалення функціонування міської транспортної системи раціонально використовувати імітаційні моделі, що дає можливість багаторазово проводити експерименти з їх використанням і визначати оптимальний стан досліджуваної системи при різних значеннях параметрів.

Залежно від того, як моделі бачать транспортний потік, їх можна розділити на:

- мікроскопічні, при яких імітується рух кожного автомобіля в потоці;
- макроскопічні, при яких автомобільний потік розглядається як єдине середовище;
- мезоскопічні, в яких автомобілі описуються на високому рівні деталізації (як при мікромодельованні), а їх поведінка і взаємодія описуються на низькому рівні (як при макромодельованні) [22].

Мікроскопічні моделі можуть бути використані для оптимізації параметрів трафіку на окремо взятій ділянці дорожньої мережі, перехресті або групі перехресть. Для цього будуються імітаційні моделі, які враховують: геометрію ділянки; щільність транспортного потоку; режими роботи світлофорів на попередній і наступних ділянках; кількість фаз світлофорного регулювання. У разі, коли необхідно проаналізувати і раціоналізувати функціонування транспортної системи в цілому, необхідно використовувати макроскопічні моделі.

Залежно від функціональних завдань розрізняють імітаційні, оптимізаційні та прогнозні моделі. Імітаційні моделі дозволяють відтворити поточний стан транспортної системи та оцінити швидкість та інтенсивність руху, рівень транспортного навантаження на дорожню мережу, довжину та динаміку заторів та інші параметри. Оптимізаційні моделі послідовно відтворюють реальний процес і в результаті обробки всіх можливих варіантів дозволяють визначити оптимальні значення контрольованих факторів і сукупності параметрів системи. Прогнозні моделі дозволяють визначити можливий стан досліджуваної системи в разі реалізації тих чи інших управлінських рішень, а також в разі зміни структури транспортних і пасажирських потоків.

У імітаційному модельованні виділяють три основні підходи до опису системи: агентне модельовання, дискретно-подієве модельовання і системна динаміка. У агентно-орієнтованому модельованні система описується як сукупність незалежних об'єктів, які взаємодіють один з одним і із зовнішнім

середовищем. Кожен з цих об'єктів має свій набір характеристик і поведінкових моделей [23]. Для вивчення динаміки процесів у складних системах використовується метод «системної динаміки». В основі цього методу лежить графічне представлення причинно-наслідкових зв'язків і моделювання численних зворотних зв'язків в системі. Системно-динамічні моделі зазвичай визначаються у вигляді "схем запасів і потоків" [14].

Оскільки в ряді випадків аналіз безперервних процесів (наприклад, таких, як рух площини трансформатора) буде більш ефективним, якщо розглядати не процес в цілому, а тільки окремі моменти («події») в житті модельованої системи, то доцільно використовувати дискретно-подієве моделювання. Цей вид моделювання дозволяє описати процеси в системі у вигляді послідовності операцій над замовленнями. При моделюванні транспортної системи додатками найчастіше виступають транспортні засоби, пасажирів або пішоходів. Активні об'єкти дискретно-подієвих моделей обробляють замовлення відповідно до встановлених параметрів (тип транспортного засобу, його технічні характеристики і т.д.) і в заданій послідовності дій.

Різних програмних продуктів для моделювання міських транспортних систем в масштабах мегаполісу і вище не так вже й багато. Це такі розробки, як VISSIM і VISUM від PTV Vision®, який використовується як за кордоном, так і в Україні, хоча був створений близько 30 років тому в Німеччині; середовищ моделювання GPSS World, MatLab і Simulink, а також деякі інші, що відрізняються сферою моделювання і певним набором функцій.

До недавнього часу програмний продукт GPSS World був одним з найпопулярніших і використовуваних інструментів моделювання в світі. Однак, «GPSS World також має ряд недоліків: простий інтерфейс користувача, недостатньо функціональний редактор моделей, слабо автоматизована технологія проведення досліджень, застарілий спосіб представлення та аналізу результатів і т.д.

Останнім часом дослідники все частіше вибирають для розробки імітаційних моделей дорожньої мережі середовище AnyLogic [24], так як в ньому

є вбудований оптимізатор для проведення оптимізаційного експерименту по моделі, реалізовані засоби візуалізації моделі, є можливість створення бібліотеки об'єктів, а найголовніше - це єдиний на сьогоднішній день інструмент імітаційного моделювання, що дозволяє поєднувати три види моделювання (дискретно-подієва, агентна і системна динаміка) в одній моделі.

Однак основним недоліком імітаційного середовища AnyLogic для транспортного моделювання є те, що цей інструмент більше підходить для мікро- та мезомоделювання (наприклад, для побудови моделей окремих ділянок транспортної системи), а макромоделювання з урахуванням взаємодії всіх елементів складної транспортної системи вимагає великих витрат часу та технічних ресурсів.

У Німеччині статистична модель існуючої дорожньої мережі використовується для довгострокового планування дорожньої мережі та для обґрунтування будівництва ділянки дороги, яка враховує взаємодію індивідуального та громадського транспорту. Така модель створюється на основі спеціального інструменту, наприклад, сімейства програм PTV Vision [15]. Основними компонентами цієї системи є два програмних продукту: VISUM і VISSIM. VISUM – це макромоделювання існуючих та прогнозованих транспортних потоків з аналізом інтенсивності руху, часу в дорозі, витрат та розробкою сценаріїв «що буде, якщо...». На етапі моделювання VISUM проводиться аналіз «вузьких місць». Якщо необхідно перейти на мікрорівень і наочно продемонструвати отримані зміни, модель VISSIM може бути побудована і застосована. Оскільки ці два пакети мають одного розробника, вони легко інтегруються один з одним [26].

Важливим фактором, який вплинув на вибір PTV Vision® VISUM в якості моделюючого середовища, є те, що розробка даного програмного продукту здійснюється на основі фундаментальних наукових досліджень в області транспортного моделювання (три центри розробки продуктів - США, Німеччина і Японія), що дозволяє постійно вдосконалювати якість алгоритмів і можливості системи [17].

2.2 Методи вирішення задач транспортної маршрутизації

При проектуванні (вдосконаленні) мережі автобусних маршрутів необхідно враховувати, що вона повинна [18]:

- відповідати структурі пасажиропотоків;
- по можливості з'єднати центри формування пасажиропотоку з точками їх тяжіння в найкоротших напрямках;
- забезпечити найменшу пересадку комунікацій: основні точки тяжіння повинні мати безпосереднє сполучення з центром міста, об'єктами зовнішнього транспортного вузла і по можливості один з одним;
- кінцеві зупинки громадського транспорту повинні розташовуватися в тих районах міста, де є можливості для розвороту і стоянки транспортних засобів.

Дотримання цих умов в теорії пасажирських перевезень [9] здійснюється за допомогою поетапного виконання наступних дій:

1. Поділ міста на проектний і транспортний райони із зазначенням центру ваги пасажиропотоків. Розміри транспортних зон повинні бути такими, щоб їх мешканці не користувалися транспортом при пересуванні в межах районів, а зона пішохідного підходу від найбільш віддаленої точки до транспортної лінії, що проходить територією району, не перевищувала 500-700 м.

2. Визначення чисельності населення в кожному розрахунковому транспортному районі.

3. Поділ населення на групи і переміщення його за категоріями і подальше визначення загальної кількості переміщень між районами.

4. Побудова картограми пасажиропотоків.

5. Визначення оптимальних маршрутів пересування за принципом мінімальних тимчасових витрат.

Знаходження оптимального маршруту відноситься до розряду комбінаторних задач [20], і для проектування (вдосконалення) мережі автобусних маршрутів необхідно врахувати і порівняти всі можливі варіанти. У

зв'язку з тим, що повний пошук варіантів маршруту неможливий, для вирішення проблеми були розроблені евристичні та метаевристичні методи. Крім того, розроблені також точні методи, призначені для вирішення завдань малих розмірів в розумні терміни [4].

До точних методів вирішення проблем маршрутизації найчастіше відносяться:

- динамічне програмування;
- стохастичне програмування;
- спосіб розгалужень і меж;
- метод відгалужень і обрізів.

До метаевристичних відносять такі алгоритми [23]:

- пошук з винятками;
- імітація відпалу;
- детермінований відпал;
- генетичний алгоритм;
- алгоритм мурашиної колонії і т.д.

У спеціалізованому програмному пакеті PTV VISUM рішення задачі маршрутизації може здійснюватися або методом розгалужень і меж (Пошук «Search Branch & Bound» [14]), або зводиться до задачі знаходження найкоротших шляхів.

2.2.1 Метод розгалужень та меж («Пошук Branch & Bounds»)

При застосуванні цього методу в транспортній моделі PTV VISUM для кожної зони пасажиропотоку формується дерево пошуку відповідних часткових маршрутів, в якому зберігаються всі досить хороші варіанти маршрутів. В результаті існує не один найкращий маршрут, а багато хороших варіантів, що додатково забезпечує диференційований розподіл попиту на транспорт між маршрутами. Для оцінки якості розглянутих варіантів маршруту PTV VISUM використовує так званий «опір пошуку», що представляє собою суму таких

функцій, як час у дорозі і частота пересадок. Особливістю розгалуженого і граничного методу, адаптованого для PTV VISUM, є те, що жоден варіант маршруту, який був би оптимальним на певному рівні досліджень, принципово не видаляється.

2.2.2 Пошук найкоротшого шляху

У маршрутизації оптимальний шлях також може бути визначений шляхом вирішення «задачі найкоротшого шляху». У цьому випадку дорожня мережа представляється у вигляді графіка, де дорожні розв'язки - це вершини, а дороги - це ребра, що з'єднують їх. Вулиці з одностороннім рухом можуть бути представлені орієнтованими краями. Цей метод також дозволяє вводити характеристики ребер для позначення пріоритетних напрямків руху. Ваги ребер можуть бути розраховані виходячи з довжини ділянки UDS або тимчасових і грошових витрат на рух по цій ділянці [25].

Існує безліч алгоритмів вирішення задачі на знаходження найкоротшого шляху, в залежності від формулювання задачі. Найбільш використовуваними є:

- алгоритм Дейкстри – знаходить найкоротший шлях від однієї з вершин графа до всіх інших. Алгоритм працює тільки для графів без ребер негативної ваги [16];

- алгоритм Беллмана-Форда знаходить найкоротші шляхи від однієї вершини графа до всіх інших у зваженому графі. Вага ребер може бути негативною [18].

У PTV VISUM у разі використання методу пошуку найкоротшого шляху, який здійснюється лише за одним критерієм, визначається оптимальний варіант маршруту між двома транспортними районами. Процедура пошуку визначає шлях з найменшим «опором пошуку», тобто найкращим маршрутом буде вважатися той, для якого лінійна комбінація часу поїздки і частоти пересадок мінімальна.

У будь-якому випадку, який би метод вирішення цієї проблеми не використовувався, коригування маршрутів ГПТ повинне проводитися з певною періодичністю з урахуванням даних про транспортні потреби населення міста. Крім того так як час у дорозі безпосередньо залежить від дорожньої ситуації на конкретній ділянці ВДМ, то при виборі оптимального варіанту маршруту необхідно мати повну і точну інформацію про характеристики транспортного потоку.

2.3 Методи визначення пасажиропотоків і матриць кореспонденцій

Наявність в місті швидко з'являючихся нових пасажирогенеруючих і пасажиропоглинаючих точок обумовлює необхідність регулярних обстежень якісних і кількісних характеристик пасажиропотоків, оскільки транспортна мережа повинна розвиватися в міру розвитку інфраструктури міста і його вулично-дорожньої мережі. Автор [21] пропонує наступну класифікацію методів обстеження пасажиропотоків (рисунк 2.1):

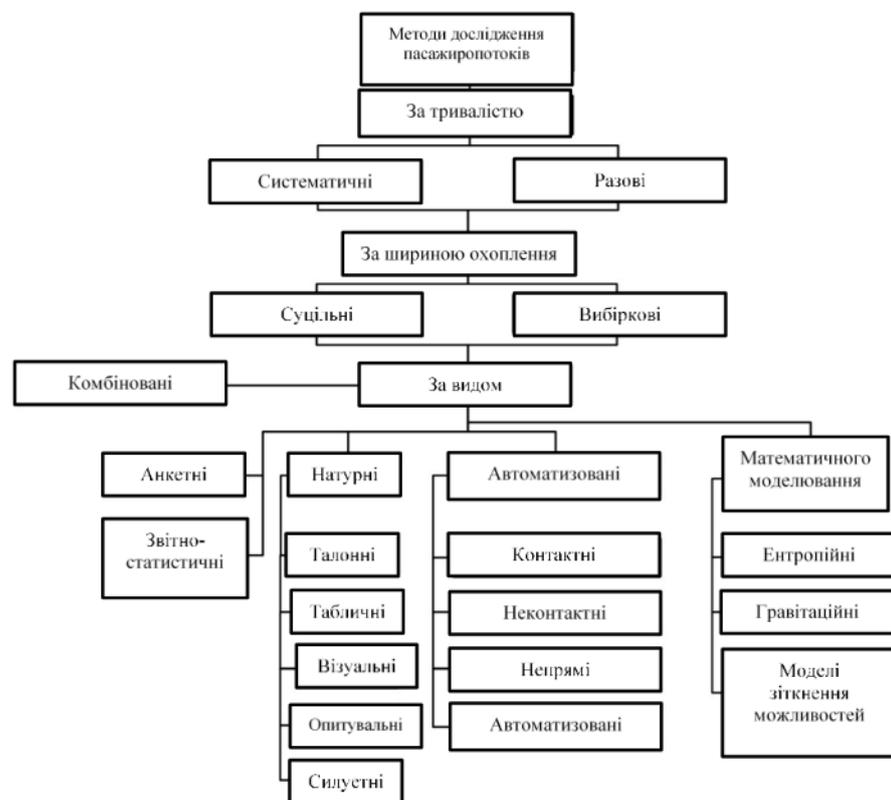


Рисунок 2.1 – Класифікація методів обстеження пасажиропотоку

Головною перевагою натурних методів є максимальна достовірність і точність одержуваних результатів. Однак всі розроблені на сьогоднішній день натурні методики обстеження пасажиропотоку мають два істотних недоліки:

1. Повномасштабні виїзні обстеження вкрай трудомісткі і вимагають, як правило, залучення великої кількості бухгалтерів. Процес обробки даних, зібраних в результаті опитувань, також вимагає значних людських, часових і фінансових ресурсів.

2. Неможливість фіксувати пасажиропотік в особистому транспорті з достатнім ступенем точності. Отже, виникає потреба в адаптації існуючих методів повномасштабного обстеження пасажиропотоків в умовах переважання приватного транспорту на міських маршрутах [19].

Ці особливості методу польових досліджень обумовлюють використання аналітичних методів прогнозування відповідностей матриць:

- визначення кореспонденції трудового транспорту на підставі поштових індексів працівників підприємств [20];
- гравітаційний метод моделювання ентропії, заснований на принципі максимізації ентропії [22];
- поєднання анкетних і табличних методів у вибіркових польових опитуваннях [29];
- поєднання статистичних і анкетних методів для визначення незадоволеного попиту населення, а отже, і для виявлення потенційних пасажиропотоків [28];
- визначення матриці відповідності на основі частки кореспонденції та кількості проданих абонементів [12];
- елементи теорії нечітких множин та теорії ймовірностей [4];
- комбінація вибіркових польових обстежень і даних, отриманих від великих містоутворюючих підприємств [4];
- застосування методів Монте-Карло [25] та ін.

2.3.1 Стандартна чотириступенева модель попиту

На сьогоднішній день розглянута «класична» модель розрахунку попиту на транспорт, що складається з чотирьох етапів:

1. Оцінка загальної кількості прибуттів і відправлень по кожному транспортному району (на основі даних про загальну чисельність населення в кожному розрахунковому районі, про частку населення працездатного віку і студентів, а також про кількість робочих місць і людей, що працюють в сфері обслуговування в точках тяжіння).

2. Визначення виду транспорту (наприклад, громадським транспортом, особистим автомобілем, велосипедом, пішки).

3. Розрахунок матриць відповідності між кожною парою районів міста.

4. Визначення кількості переміщень на кожній ділянці транспортної мережі.

Оскільки всі ці етапи взаємопов'язані, вони не можуть вирішуватися ізольовано один від одного як окремі завдання. Спосіб і маршрут руху визначаються на основі оцінки витрат (часу, грошей і т.д.), необхідних для досягнення пункту призначення. У той же час розрахунок витрат можливий, якщо відома транспортна завантаженість ВДМ. Таким чином, задача розрахунку відповідності вирішується методом послідовних наближень в кілька ітерацій [18].

При оцінці сумарного обсягу пасажиропотоку по кожному транспортному району визначається розташування місць працевлаштування робітників і службовців і місць навчання студентів щодо місць їх проживання, добові цикли їх пересування і відвідування адміністративних і культурних об'єктів міста. Ці опитування повинні проводитися систематично методом опитування (наприклад, при переписі населення). А якщо є необхідність в отриманні якої-небудь додаткової специфічної інформації, то дослідження може проводитися анкетним методом [27].

При визначенні режиму руху показник ККД кожного режиму руху m спочатку розраховується у вигляді лінійної комбінації параметрів, що впливають на вибір:

$$U_{ijm} = \sum_g \beta_g \cdot c_{ijmg} \quad (2.1)$$

де C_{ijmg} - опір типу витрат β_g переміститися з області i в область j в режимі m .

На підставі розрахованого показника U_{ijm} визначаються частки кожного виду транспорту в загальній кількості пасажирських поїздок, для чого існують різні функції розподілу. Наприклад, в PTV VISUM в якості функції розподілу можуть використовуватися наступні моделі [14]:

1. Kirchhoff (для розрахунку використовується співвідношення між показниками ефективності кожного способу транспортування);

2. Logit (різниця в показниках ефективності кожного варіанту використовується, як правило, для розподілу пасажирських потоків за допомогою перевезень);

3. Вох-Сох (основою цієї моделі є перетворення Вох-Сох, яке для заданого $\tau \geq 0$ виглядає так:

$$b^{(\tau)}(x) = \begin{cases} \frac{x^\tau - 1}{\tau}, & \text{якщо } \tau \neq 0 \\ \log(x), & \text{якщо } \tau = 0 \end{cases}; \quad (2.2)$$

4. Лозе (витрати на проїзд корелюють з мінімально можливими витратами, тобто вимірюється відносне відхилення від оптимуму:

$$P_i^a = \frac{e^{-\left[\beta \cdot \left(\frac{WID_i^a}{WID_t^a} - 1\right)\right]^2}}{\sum_j e^{-\left[\beta \cdot \left(\frac{WID_j^a}{WID_t^a} - 1\right)\right]^2}}; \quad (2.3)$$

Для практичного використання моделі Logit не рекомендується, так як пасажирів будуть приймати різні рішення в залежності від того, про короткі або довгі маршрути йде мова [17].

Незалежно від обраного методу визначення пасажиропотоків і розрахунку відповідностей матриць, в результаті необхідно отримати достовірні дані про розподіл пасажиропотоків за часом, протяжністю маршрутів і напрямків, а також можливість виявляти закономірності їх формування при прогнозуванні змін в майбутньому [19].

2.4 Методи обстежень та прогнозування інтенсивності руху на вулицях міста

2.4.1 Розрахункові параметри транспортного потоку

В основному обстеження транспорту зводяться до підрахунку одиниць транспортних засобів і визначення їх характеристик (приблизної довжини і ширини кожного транспортного засобу). Всі ці дані дозволяють зробити висновки про щільність і склад потоку, а також про залежність інтенсивності руху від пори року, дня тижня і часу доби. Для перехресть всі ці характеристики транспортного потоку визначаються для кожного напрямку руху.

У результаті проведених досліджень створено картограми інтенсивності транспортних потоків на ділянках дорожньої мережі.

Однак для повного опису ситуації на дорогах міста одного значення інтенсивності транспортних потоків недостатньо. Наприклад, в разі виникнення пробки на дорозі, коли швидкість потоку прагне до нуля, кількість транспортних засобів, що проїжджають по ділянці ВДМ, буде набагато менше, ніж в тому випадку, коли потік рухається з максимально дозволеною швидкістю. Таким чином, при відкритті або модифікації маршрутів МПТ слід враховувати три типи даних [19]:

1. Щільність транспортного потоку:

- загальна кількість транспортних засобів на ділянці;
- кількість транспортних засобів на кожній смузі;
- загальна кількість транспортних засобів кожного типу;
- кількість транспортних засобів різних типів на кожній смузі руху.

2. Нещасні випадки на дорозі із зазначенням можливих причин:

- висока швидкість, щільність потоку або зайнятість смуги руху;
- наявність заторів або руху на зустрічній смузі;
- транспортні засоби, які зупинилися або рухаються повільно;
- наявність підозрілих предметів на дорозі.

3. Наявність/відсутність автомобілів на ділянці:

- наявність автомобілів, що наближаються до ділянки;
- наявність автомобілів, що зупинилися на перехресті;
- вимірювання довжини черги.

Сьогодні відеокамери та автоматичні відеодетектори руху використовуються для своєчасного збору та обробки даних про параметри трансформаторної підстанції та стан дорожньої мережі.

2.4.2 Засоби автоматичної фіксації при огляді транспортних потоків

Сучасні автоматизовані системи управління транспортом в основному використовують інформацію, отриману в результаті обробки даних з відеокамер за допомогою програм оптичного розпізнавання образів [20]. Застосування таких засобів вимагає створення спеціально обладнаних дорожніх стаціонарних постів. До переваг можна віднести простоту, високу швидкість і точність вимірювань, можливість фіксації зображення спірного або невпізнанного транспортного засобу для подальшої візуальної ідентифікації людиною. Системи зору також дозволяють класифікувати транспортні засоби не тільки по довжині, але і по ширині і висоті, що недоступно для більшості датчиків. До недоліків відеосистем

можна віднести складність ідентифікації транспортних засобів в темний час доби або в негоду, але і ці проблеми можна вирішити [29].

Засоби відеореєстрації та вимірювання параметрів трансформаторної підстанції рекомендується встановлювати на наступних ділянках:

- на в'їзних перехрестях автомобільних доріг;
- на перехрестях на відстані не більше 800 м;
- на перехрестях зі значною зміною інтенсивності руху протягом доби, з інтенсивністю понад 300 транспортних засобів на одну смугу;
- на перехрестях з інтенсивністю понад 1500 транспортних засобів на годину на ділянці дороги, коли перехрещується автомагістраль має інтенсивність менше 120 транспортних засобів на одну смугу [11].

Уздовж маршруту руху транспортного засобу можуть бути розташовані дві або більше камер. Вони записують реєстраційний номер транспортного засобу на кожній ділянці ВДМ за допомогою автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR). Потім, беручи до уваги відстань між ділянками і час, за який транспортний засіб проїхав цю відстань, можна розрахувати середню швидкість.

Найбільш актуальним методом вимірювання параметрів ТП, на сьогоднішній день, є використання інтелектуальних технологій моніторингу та збору даних, заснованих на взаємодії пристроїв відео- та фотоспостереження з системою GPS [9].

2.4.3 Натурні обстеження транспортних потоків

Оскільки польові обстеження вимагають великих ресурсів, то найчастіше використовується метод вибіркового обстеження, в основі якого лежать закони теорії ймовірностей і математичної статистики. При використанні цього методу необхідно визначити обсяг вибірки, властивості якої можуть бути поширені на всю генеральну сукупність. Наприклад, годинну інтенсивність руху автомобілів і пішоходів можна визначити за 3-5 і 10-хвилинними спостереженнями [17].

Для обчислення обсягу вибірки n використовується формула:

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{N \cdot \Delta^2 + t^2 \cdot p \cdot q} \quad (2.4)$$

де N - загальна сукупність населення;

t - довірча функція ймовірності, визначена за таблицею 2.1 в залежності від необхідного рівня значущості;

p і q - вибіркові дроби (в тому випадку, коли настання двох подій дорівнює ймовірно $p = q = 0,5$);

Δ - гранично допустима похибка репрезентативності вибірки (в частках одиниці).

Таблиця 2.1 – Залежність прийнятого значення функції t від необхідної надійності

Надійність, %	85	95	99	99,9
Функція t	1,5	2	2,6	3,3

Вимірювання характеристик транспортного потоку можуть проводитися спостерігачами і за допомогою різних технічних пристроїв, а також пересувними лабораторіями, на яких встановлено відповідне обладнання.

На підставі даних вибірових досліджень розраховується середньогодинна інтенсивність трафіку, що дає можливість визначити добову, а потім середньомісячну і середньорічну інтенсивність трафіку. Крім того, виділяється максимальна погодинна інтенсивність на кожен місяць і на рік, а також розраховується пропускна здатність ділянки ВДМ.

Який би метод обстеження ТЦУ не використовувався, зібрана інформація може бути ефективно використана тільки в тому випадку, якщо вона добре структурована і систематизована. Для прогнозування навантажень на ділянках ВДМ міста і загальної оцінки дорожньої ситуації використовуються методи аналізу та обробки статистичної інформації, які дозволяють виявляти закономірності і аналізувати процеси в складних організаційно-технічних системах, до яких відноситься транспортно-дорожній комплекс. Отримані

закономірності в обробці статистичних даних в подальшому дозволяють створювати інформаційні системи і транспортні моделі, за допомогою яких можна вивчати поведінку системи при зміні різних факторів, що мають негативний вплив на дорожній рух.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Вирішення питань, пов'язаних з пошуком оптимальної стратегії управління міськими автобусними перевезеннями, пов'язане з певними труднощами при проведенні натурних випробувань і експериментів. Тому для прогнозування наслідків впровадження тих чи інших рішень та аналізу варіантів конструкцій раціонально використовувати апарат для моделювання транспортних процесів.

2. Оскільки використання математичних моделей для опису процесів складних великих систем пов'язане з високими ресурсними витратами, імітаційне моделювання стає оптимальним засобом підтримки прийняття рішень при управлінні транспортною системою міста. Такі моделі можуть використовуватися багаторазово для визначення оптимального стану досліджуваних систем при різних значеннях параметрів.

3. Аналіз можливостей і призначення існуючих програмних розробок для моделювання дорожнього руху показав, що оптимальним варіантом вирішення проблеми управління громадським транспортом є спеціалізований пакет моделювання транспорту на макрорівні - PTV VISUM, в який вбудований пристрій для розрахунку відповідностей матриць і розподілу транспортних потоків по ділянках дорожньої мережі за принципом мінімізації витрат на доїзд до пункту призначення.

4. Ефективне управління міськими автобусними перевезеннями в першу чергу має на увазі оптимізацію маршрутної мережі, яка відноситься до розряду комбінаторних задач і може бути вирішена точними або метаевристичними методами. Однак, який би метод не використовувався, проектування або

коригування маршрутів громадського транспорту повинно здійснюватися на основі повної, точної і достовірної інформації про транспортні потреби населення міста і даних про інтенсивність руху на тих ділянках ВДМ, де плануються зміни в русі ГПТ.

5. Для отримання таких даних, як розподіл пасажиропотоку по ділянках ВДМ, необхідні натурні польові обстеження, що має на увазі необхідність значних грошових, людських і часових ресурсів. Тому для визначення матриць кореспонденції пасажиропотоку використовуються різні аналітичні методи. «Класичний» метод являє собою чотирьохступеневу модель формування попиту.

6. Щоб оцінити транспортний потік, необхідно знати не тільки його інтенсивність, але і швидкість. Саме тому для контролю за транспортними потоками міста краще використовувати систему на основі відеокамер і оптичного розпізнавання, яка дозволяє отримувати три види даних: інформацію про щільність потоку для статистичної обробки, інформацію про інциденти на дорозі, інформацію про наявність/відсутність автомобілів. Обстеження транспортних потоків польовими методами можуть проводитися і вибірково за умови адекватного визначення обсягу вибірки, закономірності якої можуть бути поширені на всю сукупність.

7. Обстеження транспортних і пасажирських потоків дають інформацію для систематичного аналізу поточної ситуації, оцінки динаміки змін, що відбуваються і прогнозування інтенсивності транспортних і пасажирських потоків в майбутніх періодах.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

3.1 Концептуальна модель і структура системи управління міськими автобусними перевезеннями

Якісного управління можна досягти за рахунок впровадження системних розробок, однією з підсистем в яких буде система управління міськими автобусними перевезеннями. Така система повинна забезпечувати можливість як стратегічного, так і оперативного управління. Визначаються стратегічні завдання на довгострокову перспективу і критеріями якості управління будуть підвищення безпеки, надійності та стабільності системи. Правильність такої системи багато в чому визначається якістю вихідної інформації і адекватністю методів її обробки. Це забезпечується наявністю:

- модуля збору, зберігання та адміністрування інформації про параметри транспортної системи, а також моніторингу даних про параметри транспортних та пішохідних потоків;

- інтелектуального ядра для аналізу та оцінки даних з подальшою розробкою рекомендацій (автоматизованого складання розкладу ГПТ, перенаправлення РС на альтернативні маршрути, оптимізація структури РС на маршрутах відповідно до транспортних потреб населення тощо);

- модуль підтримки прийняття управлінських рішень, в якому із запропонованих альтернатив вибирається найкраща альтернатива для її подальшого використання в аналогічних ситуаціях.

Система управління автобусами розробляється з метою надання особам, які приймають рішення (decision-makers) рекомендаціями на основі наукового аналізу статистичної інформації про поточні транспортні та пасажирські потоки щодо:

- оптимізація маршрутної мережі міста;

- підбір оптимальної підстанції для кожного маршруту в залежності від часу доби;
- виявлення проблемних ділянок дорожньої мережі;
- зменшення негативного впливу МПТ на навколишнє середовище поблизу міських автомагістралей;
- скорочення часу доставки пасажирів;
- мінімізація простоїв транспортного засобу в пробках і на підстанції під час очікування черги на подачу транспортного засобу до місця посадки і висадки;
- підвищення ступеня задоволеності населення якістю пасажирських перевезень [2].

Запропонована система управління міськими автобусними перевезеннями дозволить особам, які приймають рішення, не тільки розробляти стратегії розвитку системи громадського транспорту, а й здійснювати оперативне управління транспортним процесом в умовах мінливих параметрів транспортної системи. Завдяки зворотному зв'язку система управління дасть можливість співвіднести значення поточних параметрів з модельними, і, в разі їх розбіжності, виявити причини проблемних ситуацій, а також провести оперативні корективи в управлінські рішення.

Збурюючі впливи на транспортну систему можна умовно розділити на регулярні («години пік»), що залежать від часу доби, дня тижня, сезону і подібних регулярних факторів, і одиничні, до яких можна віднести масові заходи. Збурюючі впливи змінюють структуру і параметри пасажиропотоків. При регулярно повторюваних збуреннях реактивні зміни в системі досягаються за рахунок коригування поточних параметрів (інтервалу руху транспортних засобів, місткості транспортного засобу і т.д.) і не впливають на структуру системи (зміна схеми руху, додаткові маршрути), що спостерігається при проведенні масових заходів.

Розроблена система дозволить прогнозувати параметри тривожних впливів («години пік», масові заходи) і перевіряти ефективність тих чи інших рішень як

для регулярних збурень, так і для разових масових заходів. Вдалі варіанти можна зберегти і використовувати при повторенні ситуації.

Система також може бути використана для коригування параметрів функціонування МПТ при появі нових центрів формування та залучення пасажиропотоків. Впровадження системи управління автобусами сприятиме підвищенню привабливості громадського транспорту. Концептуальна модель системи представлена на рисунку 3.1.

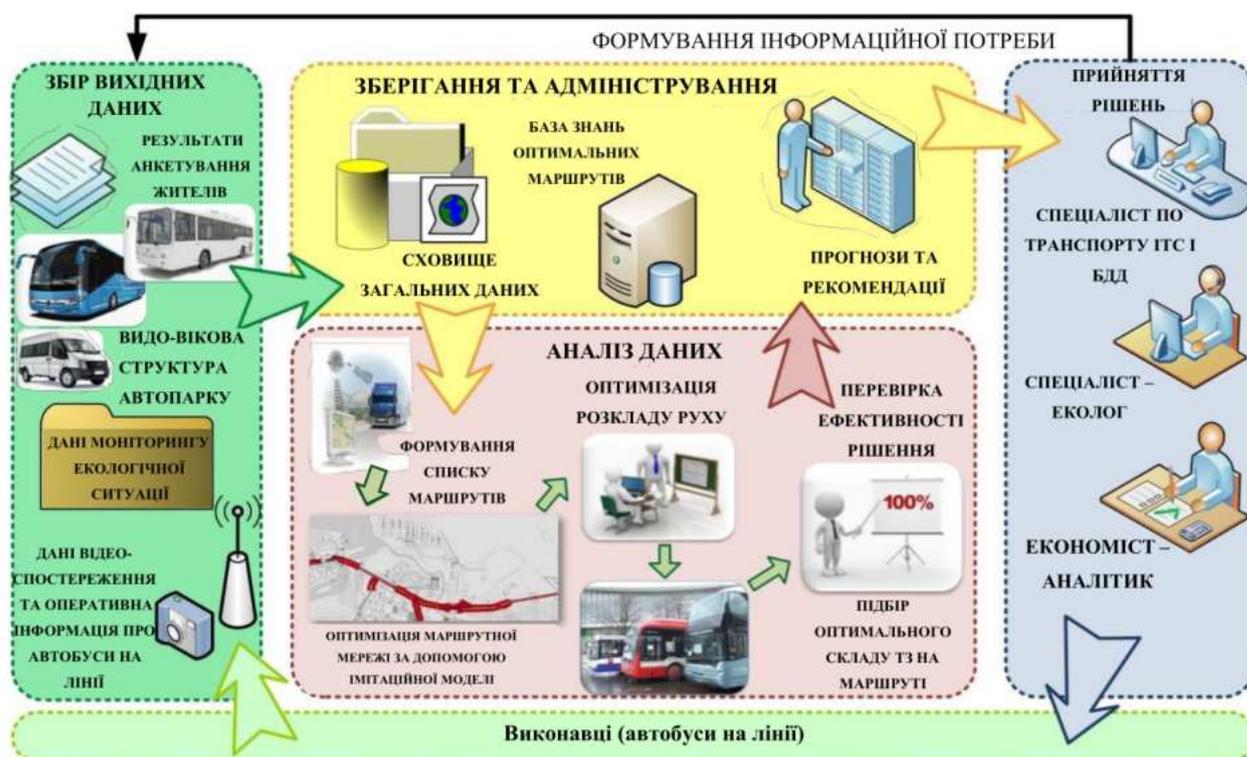


Рисунок 3.1 – Концептуальна модель системи управління міськими автобусними перевезеннями

3.2 Програмний модуль введення та зберігання інформації

При роботі з великими обсягами вхідних даних якість їх обробки залежить від того, наскільки вони формалізовані і грамотно структуровані. При розробці модуля введення та зберігання інформації дані були умовно розділені на первинні, довідкові та розрахункові. Первинна інформація включає в себе інформацію про населення міста (таблиці «Групи пасажирів», «Причини руху»,

«Транспортні райони»), довідкові дані включають дані про параметри ВДМ (таблиця «Розділ ВДМ»), рухомого складу (таблиця «Транспорт» з допоміжними таблицями «Тип транспорту» і «Тип рухомого складу») і маршрутів МПТ (таблиця «Маршрут»), а розрахункові значення - це отримані значення навантажень на ВДМ з розрахованими матрицями витрат і відповідності (таблиця «Навантаження ВДМ») (рисунк 3.2). Отримані значення навантаження класифікуються за видами: «нижче потужності», «відповідає потужності», «пропускна здатність перевищена», «критичне значення». Таким чином, завдяки запитам можна виявити складні ділянки ВДМ з критичними значеннями навантаження, а також маршрути, що проходять через ці ділянки. Це дає можливість корегувати маршрутну мережу з урахуванням транспортної завантаженості [13].

3.3 Інтелектуальне ядро системи управління міськими автобусними перевезеннями

3.3.1 Математична модель оптимізації управління автобусними перевезеннями

Для того щоб перейти до математичної постановки задачі, необхідно визначити показник ефективності, описати змінні моделі, які на нього впливають, а також визначити принципові і технічні обмеження, щоб задача була правильною і вирішуваною.

Показник ефективності (цільова функція або параметр оптимізації) повинен бути вимірним, і, що найважливіше, реально оцінювати ефективність функціонування системи в заздалегідь обраному розумінні. Оскільки при організації міських автобусних перевезень необхідно в найкоротші терміни задовольнити потреби населення, а також знизити транспортне навантаження на проблемні ділянки дорожньої мережі, то цільовим функціоналом моделі є:

$$Z = \begin{cases} Z_1 \rightarrow \min, & Z_1 = f(X_i^1) - \text{сумарна кількість маршрутних ТЗ} \\ Z_2 \rightarrow \min, & Z_2 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 - \text{середній час доставки пасажирів} \end{cases} \quad (3.1)$$

де $f_1(v_{\text{піш}}, F, l_i^{\text{марш}}, X_i^2, X_i^3)$ - середній час прибуття пасажирів на зупинку;

$f_2(K_j^{\text{перев}}, l_i^{\text{марш}}, X_i^1, X_i^2)$ - середній час очікування пасажиром автобуса;

$f_3(Q_{(i,j)}^{\text{вх}}, Q_{(i,j)}^{\text{вих}}, n_{\text{Хдві2}}, t_o, X_{i2}, X_{3i})$ - середній час посадки і висадки

пасажирів;

$f_4(K_{\text{зад}}, Q_{(i,j)}^{\text{вх}}, Q_{(i,j)}^{\text{вих}}, L_{\text{ост. j}}, l_{X_i^2}, t_o, X_i^2, X_i^3)$ – середній час затримки ТЗ на

ЗП за рахунок очікування в черзі на подачу ТЗ до місця посадки-висадки;

$f_5(l_e, T_{\text{зат}}, X_i^2)$ – середній час поїздки пасажирів на автобусі;

$X_i = X_i^1, X_i^2, X_i^3$ – змінні параметри i -го маршруту, що впливають на систему, $i = 1, 2, \dots, I$ (X_i^1 – кількість транспортних засобів на i -му маршруті; X_i^3 – кількість ЗП на i -му маршруті; X_i^2 – кількість кожного типу ТЗ на i -му маршруті).

Середній час наближення пасажирів до місця зупинки залежить від середньої відстані між точками зупинки $l_{\text{зуп}}$ [14]:

$$f_1(v_{\text{піш}}, F, l_i^{\text{марш}}, X_i^2, X_i^3) = \frac{K_{\text{н.п.}} \cdot K_{\text{в.о.}}}{v_{\text{піш}}} \cdot \frac{1}{3} F + \frac{l_{\text{зуп}}}{4}, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{н.п.}}$ – коефіцієнт непрямолінійності підходу; $K_{\text{н.п.}} = 1, 2$ [15];

$K_{\text{в.о.}}$ – коефіцієнт вибору ЗП, що забезпечує мінімальний час доставки пасажирів у порівнянні з маршрутом, що проходить через найближчий ЗП;

$v_{\text{піш}}$ – швидкість пересування пішки;

F – щільність мережі маршрутів;

$l_{\text{зуп}}$ – середня відстань між точками зупинки.

Коефіцієнт вибору точки зупинки $K_{\text{в.з.}}$ розраховується за формулою:

$$K_{\text{в.з.}} = 1 + \frac{v_{\text{піш}}}{v_{X_i^2}^{\text{повід}}} \quad (3.3)$$

де $v_{\text{повід}} X_i^2$ – швидкість повідомлення як функція в залежності від типу ТЗ. Якщо $v_{\text{повід}} X_i^2 > v_{\text{поток}} -$ (де $v_{\text{поток}}$ – середня швидкість транспортного потоку), то приймаємо, що $v_{\text{повід}} X_i^2 = v_{\text{поток}}$

Середню відстань між пунктами зупинок на маршруті i можна розрахувати за формулою:

$$l_{\text{зуп.}} = \frac{l_i^{\text{марш}}}{X_i^3} \quad (3.4)$$

де $L_i^{\text{марш}}$ – довжина i -го маршруту.

Підставляючи (3,3) і (3,4) в (3,2), отримуємо середній час наближення пасажирів до місця зупинки:

$$f_1(v_{\text{піш}}, F, l_i^{\text{марш}}, X_i^2, X_i^3) = \frac{K_{\text{н.п.}} \cdot \left(1 + \frac{v_{\text{піш}}}{v_{\text{повід}} X_i^2}\right)}{v_{\text{піш}}} \cdot \frac{1}{3} F + \frac{l_i^{\text{марш}}}{4 \cdot X_i^3} \quad (3.5)$$

У разі перевищення пасажиромісткості транспортного засобу в посадці на борт транспортного засобу відмовляється, і пасажирам доводиться чекати наступного транспортного засобу. Тому, на відміну від середнього часу очікування автобуса пасажиром, запропонованого в роботах провідних вчених [17]: $0,5 \cdot t_u$ (половина від інтервалу мережі), пропонується враховувати коефіцієнт перевищення числа пасажирів на j -й ЗП над тими, що залишились в ТЗ, посадочними місцями:

$$f_2(K_j^{\text{перев}}, l_i^{\text{марш}}, X_i^1, X_i^2) = 0,5 \cdot t_u \cdot K_j^{\text{перев}} \quad (3.6)$$

де $K_j^{\text{перев}}$ – коефіцієнт перевищення вільних місць у ТЗ:

$$K_j^{\text{перев}} = 1 + \frac{Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}}}{q_{X_i^2} - \sum_{j=1}^n Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}} + \sum_{j=1}^n Q_{(i,j)}^{\text{ВИХ}}} \quad (3.7)$$

де $Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}}$ – число пасажирів, що прибувають в ТЗ маршруту i на j -му пункті зупинки; $Q_{(i,j)}^{\text{ВИХ}}$ – число пасажирів, що висаджуються з ТЗ на i -го маршруту на j -му пункті зупинки;

$q_{X_i^2}$ – це місткість ТЗ, як функція, що залежить від типу ТЗ.

Інтервал руху ТЗ по маршруту i розраховується за формулою:

$$t_u = \frac{T_{об}}{X_i^1} = \frac{l_i^{\text{марш}}}{v_{X_i^2}^{\text{повід.}, X_i^1}} \quad (3.8)$$

де $T_{об}$ – час розвороту ТЗ на маршруті i .

Підставивши (3.7) і (3.8) в (3.6), отримуємо:

$$f_2(K_j^{\text{перев}}, l_i^{\text{марш}}, X_i^1, X_i^2) = 0,5 \cdot \frac{l_i^{\text{марш}}}{v_{X_i^2}^{\text{повід.}, X_i^1}} \cdot \left(1 + \frac{Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}}}{q_{X_i^2} - \sum_{j=1}^n Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}} + \sum_{j=1}^n Q_{(i,j)}^{\text{ВИХ}}}\right) \quad (3.9)$$

Середній час посадки і висадки пасажирів залежить від кількості використовуваних дверей і розраховується за формулою:

$$f_3(Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}}, Q_{(i,j)}^{\text{ВИХ}}, n_{X_i^2}^{\text{дв}}, t_o, X_i^2, X_i^3) = \sum_{j=1}^{X_i^3} \frac{(Q_{(i,j)}^{\text{ВХ}} + Q_{(i,j)}^{\text{ВИХ}}) \cdot t_o}{n_{X_i^2}^{\text{дв}}} \quad (3.10)$$

де $j = 1, 2, \dots, X_i^3$ – точки зупинки на i -му маршруті;

$n_{X_i^2}^{\text{дв}}$ – кількість дверей ТЗ, як функція, залежна від типу ТЗ;

t_o – середній час, витрачений одним пасажиром на вхід і вихід, який описується розподілом Ерланга:

$$f(t_o) = \frac{\lambda \cdot (\lambda \cdot t_{3c})^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t_{3c}} \quad (3.11)$$

де $\lambda=1/M(t_{3c})$ – величина, обернена статистичному математичному очікуванню часу простою на проміжній зупинці.

Середній час затримки транспортного засобу на ЗП під час очікування посадки/висадки залежить від кількості та довжини транспортних засобів, які вже перебувають на цьому ЗП до моменту наближення наступного транспортного засобу:

$$f_4 \left(K_{\text{зат}}, Q_{(i,j)}^{\text{вх}}, Q_{(i,j)}^{\text{вих}}, L_j^{\text{зуп}}, l_{X_i^2}^n, t_o, X_i^2, X_i^3 \right) = K_{\text{зад}} \cdot f_3 \left(Q_{(i,j)}^{\text{вх}}, Q_{(i,j)}^{\text{вих}}, n_{X_i^2}^{\text{дв}}, t_o, X_i^2, X_i^3 \right) \quad (3.12)$$

де $K_{\text{зат}}$ – коефіцієнт затримки ТЗ на ЗП:

$$K_{\text{зад}} = \frac{N_2}{N_1}, \quad (3.13)$$

де N_2 - загальна кількість ТЗ на ЗП в даний момент часу;

N_1 – кількість ТЗ, що одночасно здійснюють посадку-висадку пасажирів на ЗП:

$$N_1 = \frac{L_j^{\text{зуп}}}{\sum l_{X_i^2}^n} \quad (3.14)$$

де $L_j^{\text{зуп}}$ – довжина j -ї точки зупинки;

$l_{X_i^2}^n$ – довжина n -го ТЗ, як функція, залежна від типу ТЗ.

Підставивши (3.10), (3.13) і (3.14) в (3.12), отримуємо:

$$f_4 \left(K_{\text{зат}}, Q_{(i,j)}^{\text{вх}}, Q_{(i,j)}^{\text{вих}}, L_j^{\text{зуп}}, l_{X_i^2}^n, t_o, X_i^2, X_i^3 \right) = \frac{N_2 \cdot \sum l_{X_i^2}^n}{L_j^{\text{зуп}}} \cdot \sum_{j=1}^{X_i^3} \frac{(Q_{(i,j)}^{\text{вх}} + Q_{(i,j)}^{\text{вих}}) \cdot t_o}{n_{X_i^2}^{\text{дв}}} \quad (3.15)$$

Середній час у дорозі пасажира автобусом залежить від середньої відстані рухів пасажирів і швидкості зв'язку використовуваного ТЗ, а також від величини затримок, пов'язаних із завантаженістю доріг:

$$f_5(l_e, T_{\text{зат}}, X_i^2) = \frac{l_e}{v_{X_i^2}^{\text{повід}}} + T_{\text{зат}} \quad (3.16)$$

де l_e – середня відстань переміщення пасажирів;

$T_{\text{зат}}$ - час простою ТЗ в заторах:

$$T_{\text{зат}} = \frac{l_{\text{пробл}}}{v_{\text{зат}}} \quad (3.17)$$

де $l_{\text{пробл}}$ – довжина проблемної зони;

$v_{\text{зат}}$ – це швидкість потоку через проблемну ділянку, яка залежить від кількості смуг руху, відсотка автомобілів у потоці та інтенсивності руху в обох напрямках.

На рішення накладаються такі обмеження:

Транспортні потреби населення повинні бути повністю задоволені:

$$\sum_{n=1}^{X_i^2} Q_{(n, X_i^2)} \cdot X_{(n, X_i^2)}^1 \geq Q_i \quad (3.18)$$

де $n = 1, 2, \dots, X_i^2$ – типи транспортних засобів на i -му маршруті;

$X_{(n, X_i^2)}^1$ - кількість транспортних засобів типу n на i -му маршруті;

Q_i - пасажиропотік на i -му маршруті;

$Q_{(n, X_i^2)}$ - кількість пасажирів, що перевозяться n -м типом ТЗ по i -му маршруту, обчислена за формулою:

$$Q_{(n, X_i^2)} = \frac{q_{X_i^2} \cdot l_i^{\text{марш}}}{24 \cdot v_{X_i^2}^{\text{повід}}} \quad (3.19)$$

Пропускна здатність ділянок ВДМ:

$$\sum_{n=1}^{X_i^2} D_{(n, X_i^2)} \cdot X_{(n, X_i^2)}^1 \leq D_i \quad (3.20)$$

де D_i - загальний запас пропускної спроможності ділянок ВДМ, через які проходить i -й маршрут;

$D_{(n, X_i^2)}$ - коефіцієнт використання місткості n -м типом ТЗ на i -му маршруті, розрахований за формулою:

$$D_{(n, X_i^2)} = \frac{K_{X_i^2} \cdot l_i^{\text{марш}}}{24 \cdot v_{X_i^2}^{\text{повід}}} \quad (3.21)$$

де $K_{X_i^2}$ - коефіцієнт перетворення місткості, що використовується при русі кожного виду ТЗ, у величину місткості, що використовується при русі одного легкового автомобіля.

Час очікування пасажиром i -го автобуса не повинен перевищувати максимально допустиме значення інтервалу руху рухомого складу (РС) на маршрутах t_u^{max} :

$$f_2(K_j^{\text{перев}}, l_i^{\text{марш}}, X_i^1, X_i^2) \leq t_u^{\text{max}} \quad (3.22)$$

Час наближення пасажиром до ЗП залежить від відстані від віддаленої точки транспортного району до ЗП і не повинен перевищувати $l_{\text{підходу}}^{\text{рек}}$:

$$f_1(v_{\text{піш}}, F, l_i^{\text{марш}}, X_i^2, X_i^3) \leq l_{\text{підходу}}^{\text{рек}} \quad (3.23)$$

3.3.2 Транспортна модель

Транспортна модель - це програмний комплекс, що складається з мережевої

моделі, моделі попиту на транспорт і моделі впливу.

Мережева модель - це зображення вулично-дорожньої мережі у вигляді вузлів і відрізків, накладених на карту міста з урахуванням масштабу для подальшого автоматичного розрахунку довжини кожної ділянки. Для кожного відрізка встановлюються характеристики (ширина проїжджої частини, кількість смуг руху, максимально допустима швидкість, стан дорожнього покриття) і накладаються обмеження (чи дозволений розворот, заборона на рух для певного виду транспорту і т.д.). на побудовану схему ВДМ накладаються транспортні райони і можливі системи управління дорожнім рухом (індивідуальний транспорт (ІТ), громадський транспорт (ГТ), вантажний транспорт і т.д.), а також можливі маршрути ГТ і існуючі маршрути ГТ, позначаються точки зупинок і вводиться графік руху. Таким чином, мережева модель є транспортною пропозицією міста.

Модель попиту складається з набору об'єктів попиту і описує транспортні потреби населення за допомогою стандартної чотиріступеневої моделі, інтегрованої в PTV VISUM. Найважливішими складовими моделей попиту є матриці: матриці витрат (відображають часові, грошові або інші витрати, пов'язані з переміщенням між транспортними районами) і матриці відповідності (відображають необхідність переміщення між районами).

Мережева модель і модель попиту є основою для побудови *моделі впливу*. Оскільки будь-який вплив завжди спрямований на учасників дорожнього руху, в PTV VISUM можна побудувати:

1. модель впливу на користувача (до користувачів транспортної пропозиції належать водії окремих транспортних засобів, пасажери громадського транспорту та пішоходи);
2. модель впливу на перевізника (під перевізником маються на увазі транспортні компанії та організації, що займаються перевезеннями);
3. модель впливу на навколишнє середовище (дозволяє розрахувати рівень шумового впливу і викидів шкідливих речовин).

Призначена для користувача модель дозволяє вибрати оптимальний маршрут пересування пасажирів, що є основою для побудови картограм транспортних навантажень на ділянках ВДМ міста. Ядром процедур моделювання пересування є пошукові алгоритми, які розраховують маршрути між транспортними районами. Пошукові алгоритми - це методи, які встановлюють найкращий шлях (наприклад, пошук за найкоротшим шляхом) або багато хороших шляхів (наприклад, пошук за гілками та межами). Потім поїздки кожної відповідності між транспортними районами розподіляються на знайдені маршрути. У PTV VISUM така комбінація пошуку шляху і розподілу поїздок на знайдені шляхи називається перерозподілом [14]. Щоб змоделювати рухи РС у PTV VISUM, ви можете використовувати одну з трьох процедур розгортання. Якщо ви хочете порівняти існуючу маршрутну мережу (для якої існує точний розклад) з плановою мережею (для якої ще немає точного розкладу), рекомендується використовувати процедуру Interval Break-Up, так як вона зазвичай не враховує узгодження графіка.

Значення навантажень для ліній і вигинів, отримані в результаті процедури перерозподілу, складають основу процедур моделі носія і впливу на навколишнє середовище.

Модель перевізника дозволяє оцінити рентабельність і ефективність маршрутної мережі і розкладів руху шляхом розрахунку таких показників, як виробничі та фінансові витрати і очікуваний прибуток, пов'язаний з вартістю проїзду пасажирів.

Таким чином, імпакт-моделі дозволяють комплексно оцінити кожен варіант організації дорожнього руху і вибрати оптимальний як з точки зору підвищення ефективності використання підстанцій транспортних підприємств, так і з урахуванням мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище без зниження мобільності населення.

3.4 Алгоритм прийняття рішень для підвищення ефективності організації міських автобусних перевезень

Необхідною умовою підвищення ефективності управління громадським транспортом у місті є розробка системи управління, що дозволяє приймати науково обґрунтовані рішення на основі сукупності моделей керованого об'єкта та алгоритму організації міських автобусних перевезень на їх основі.

Процес отримання науково обґрунтованого рішення про коригування маршрутної мережі громадського транспорту міста починається з введення вихідних даних, на основі яких будується модель ВДМ міста та заочних матриць. Для розрахунку рівня навантажень на відрізках дорожньої мережі проводиться комп'ютерний експеримент, в результаті якого виявляються ділянки, що потребують оптимізації. Якщо значення моделі корелюють з результатами вибірових польових обстежень, то модель є адекватною і може служити основою для коригування маршрутної мережі міста таким чином, щоб нові маршрути не проходили через перевантажені ділянки дорожньої мережі. Запропонований варіант апробовано на моделі для прогнозування можливих наслідків з урахуванням перерозподілу транспортних навантажень. Він повинен відповідати обмеженням моделі та задовольняти транспортні потреби населення.

Коригування параметрів трасової мережі повинно проводитися до тих пір, поки розрахункове навантаження на ділянки ВДМ не буде нижче або дорівнює пропускній здатності цих ділянок. Потім підбирається оптимальна підстанція для кожного маршруту за технічними та експлуатаційними характеристиками і формується графік руху з урахуванням значень максимально допустимих інтервалів руху.

Алгоритм прийняття рішень щодо підвищення ефективності організації міських автобусних перевезень представлений на рисунку 3.2.

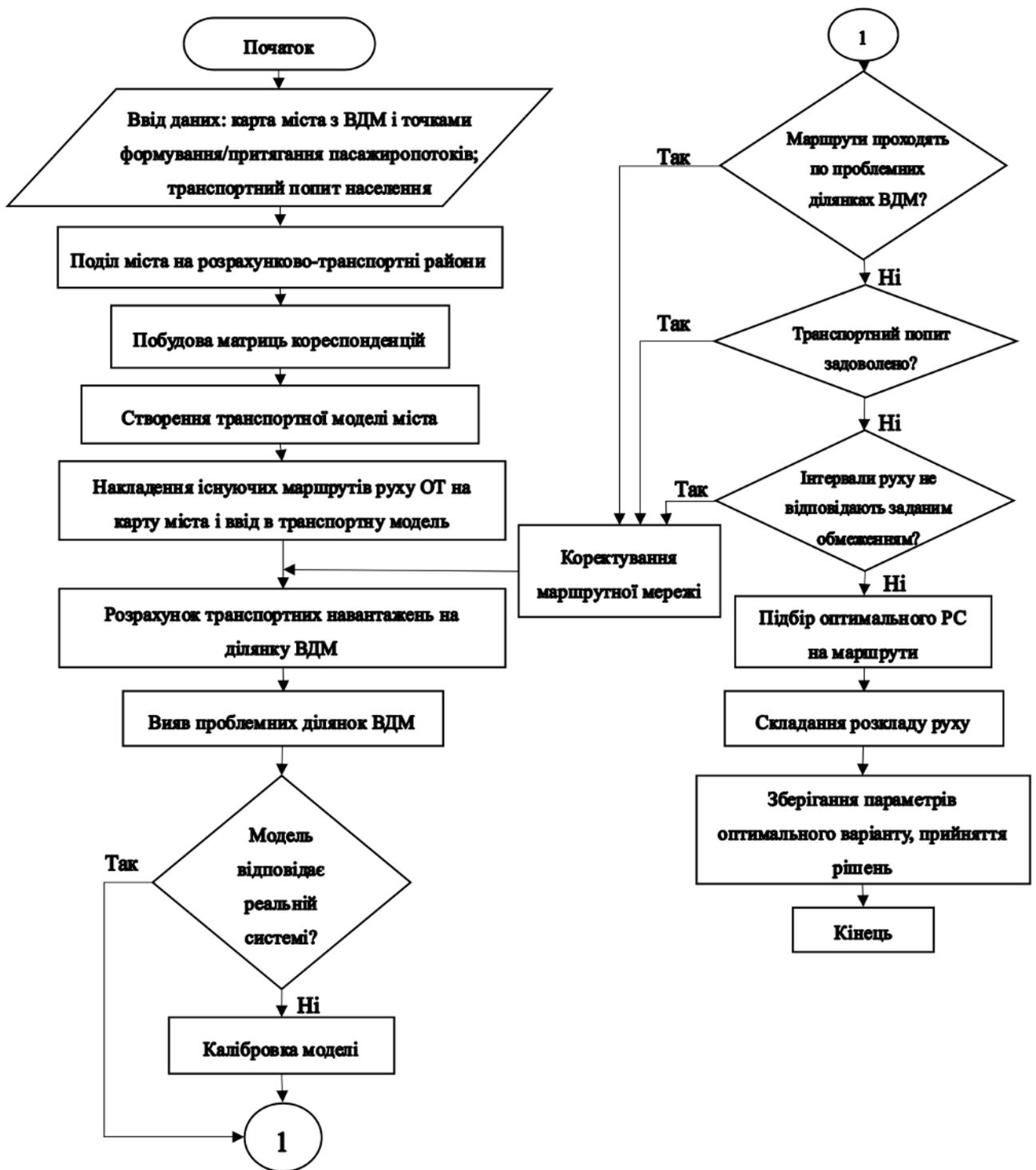


Рисунок 3.2 – Алгоритм організації міських автобусних перевезень

3.5 Висновки до розділу 3

1. Запропоновано універсальну концептуальну модель системи управління міськими автобусними перевезеннями, яка дає змогу досліджувати поведінку транспортної системи міста у разі зміни параметрів транспортних і

пасажирських потоків; виявити проблемні місця ВДМ; прогнозувати результати запропонованих управлінських рішень; підібрати оптимальну підстанцію, об'єднавши автобуси різної вантажопідйомності для різного часу доби; координувати інтервали руху автобусів різних маршрутів; формувати базу оптимальних рішень, що розширює можливості використання системи в різних містах зі схожою транспортно-планувальною базою.

2. Визначається залежність часу доставки пасажирів від часу простою транспортного засобу в заторах і на підстанції під час очікування черги на подачу транспортного засобу до місця посадки і висадки, а також відсутність вільних місць в транспортному засобі.

3. Теоретично обґрунтовано значення коефіцієнта перевищення кількості вільних місць у транспортному засобі та коефіцієнта затримки транспортного засобу в ОТ.

4. В основі транспортної моделі лежить принцип рівноважних потоків: передбачається, що при визначенні часу, витраченого на рух між транспортними районами, враховується не тільки відстань між початковими пунктами і пунктами призначення або технічна швидкість роботи підстанції, але і середня швидкість транспортного потоку, яка залежить від ступеня завантаженості ділянок дорожньої мережі.

5. Багатоступінчастий оптимізаційний експеримент для кожного з маршрутів, що проходять через проблемні ділянки ВДМ, проводиться шляхом послідовного виконання декількох прогонів моделі з різними значеннями вихідних даних і знаходження оптимальних значень параметрів моделі для даної задачі. Потім, шляхом об'єднання оптимально підібраних сценаріїв, приймаються управлінські рішення щодо коригування маршрутів, вибору оптимального типу та кількості підстанцій на кожному з маршрутів, а також складання графіка руху ГПТ.

РОЗДІЛ 4 АПРОБАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

4.1 Характеристика маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова»

Автобусний маршрут починається в мікрорайоні Вишенька на Барському шосе та закінчується в мікрорайоні Тяжیلіві на вулиці Луговій. Шлях проходження маршруту наступний: Барське шосе – Хмельницьке шосе – проспект Юності – вулиця Андрія Первозванного – вулиця Костянтина Василенка – вулиця Зодчих – вулиця Князів Коріатовичів – Староміський міст – вулиця Євгена Коновальця – вулиця Данила Нечая – вулиця Брацлавська – вулиця Лебединського – вулиця максима Шинки – вулиця Левка Лук'яненка. Маршрут є маятниковим та поєднує два спальні райони між собою, не проходячи через центр міста.

Схема руху маршруту представлена на рисунку 4.1.

В

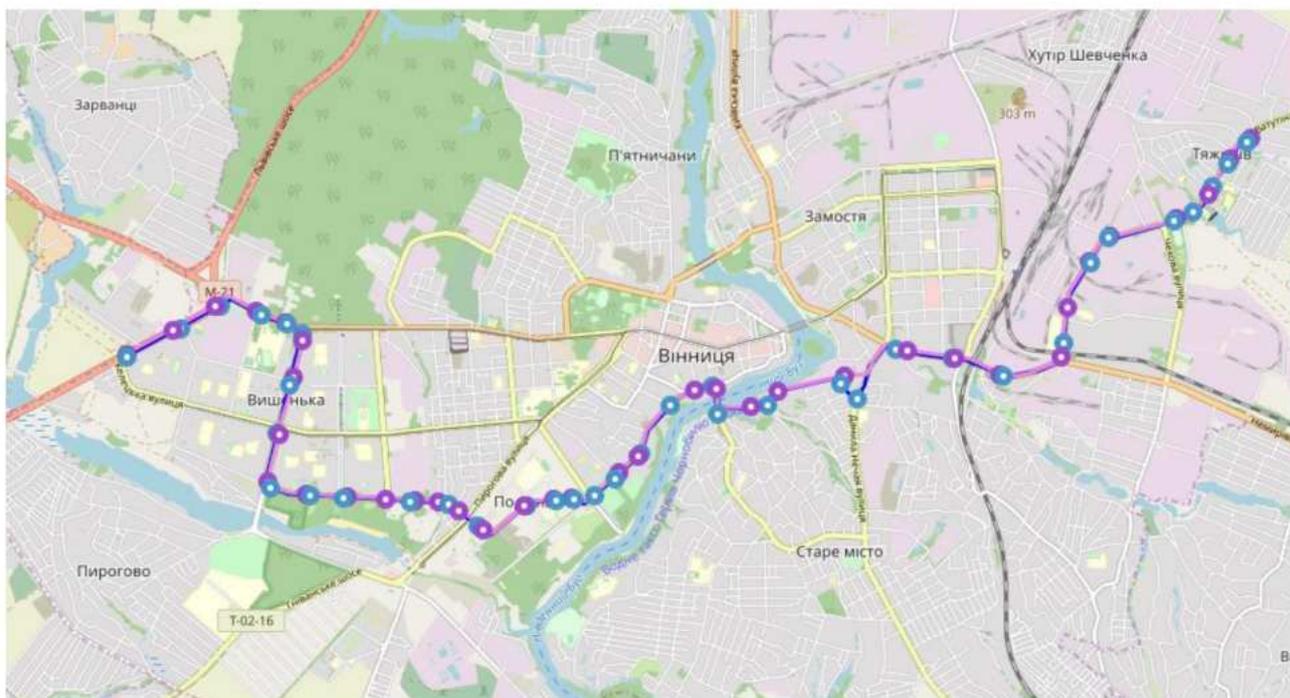


Рисунок 4.1 – Схема руху маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова»

В таблиці 4.1 представлені основні параметри маршруту.

Таблиця 4.1 – Основні параметри маршруту

№	Найменування показника	Значення
1	Початкова зупинка	Барське шосе
2	Кінцева зупинка	вул. Лугова
3	Вид маршрута	Маятниковий
4	Довжина маршрута по дорозі, км	16.14
5	Довжина маршрута по повітряній лінії, км	11.10
6	Коефіцієнт непрямолінійності маршрута	1.45
7	Кількість перегонів маршрута у прямому напрямку	36
8	Кількість перегонів маршрута у зворотному напрямку	36
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0,45
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0,44

Інформація по зупинках, які розташовані на маршруті представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Зупинки і перегони маршрута

Найменування зупинок		Довжина перегону, км	Найменування зупинок	Довжина перегону, км
1		2	3	4
1	Барське шосе	0.59	вул. Лугова	0,31
2	вул. Стельмаха	0,25	вул. Степана Тимошенка	0,30
3	Західний автовокзал	0,40	вул. Баженова	0,60
4	вул. Політехнічна	0.27	Автостанція "Східна"	0,50
5	ВНТУ	0.18	ВІЗ	0,70
6	Просп. Юності	0,51	вул. Ватутіна	0,35
7	вул. Василя Порика	0,70	на вимогу	0,10
8	пр. Юності	0.58	Школа №13	0,50
9	пр. Юності	0.40	Зої Ткаченко	0,40

Продовження таблиці 4.2

	1	2	3	4
10	Школа №10	0,35	вул. Привокзальна	0,30
11	Парк	0,35	вул. Замостянська	0,60
12	ДПІ	0,20	вул. Дубовецька	0,50
13	вул. Лялі Ратушної	0,40	Кондитерська фабрика	0,60
14	вул. Академіка Ющенко	0,60	вул. Гліба Успенського	0,10
15	вул. Зодчих	0,60	Міст	0,40
16	Бульвар Свободи	0,25	Пристань	0,30
17	ТРК "Поділля-Сіті"	0,50	автосалон Рено	0,50
18	вул. Скалецького	0,30	вул. Князів Коріатовичів	0,25
19	Військово-медичний клінічний центр	0,40	Військово-медичний клінічний центр	0,60
20	вул. Князів Коріатовичів	0,10	вул. Скалецького	0,60
21	автосалон Рено	0,60	ТРК "Поділля-Сіті"	0,40
22	Пристань	0,50	Бульвар Свободи	0,20
23	Міст	0,60	вул. Зодчих	0,35
24	вул. Гліба Успенського	0,30	вул. Академіка Ющенко	0,35
25	Кондитерська фабрика	0,40	вул. Лялі Ратушної	0,50
26	вул. Дубовецька	0,50	ДПІ	0,60
27	вул. Замостянська	0,10	Парк	0,70
28	вул. Привокзальна	0,70	Школа №10	0,50
29	Зої Ткаченко	0,50	пр. Юності	0,40
30	Школа №13	0,60	пр. Юності	0,40
31	на вимогу	0,30	вул. Василя Порика	0,25
32	вул. Ватутіна	0,66	Просп. Юності	0,24
33	ВІЗ	0,21	ВНТУ	0,31
34	Автостанція "Східна"	0,32	вул. Політехнічна	0,48
35	вул. Баженова	0,27	Західний автовокзал	0,48
36	вул. Степана Тимошенка	0,30	вул. Стельмаха	0,52
37	вул. Лугова	-	Барське шосе	-

На маршруті існують різноманітні пункти тяжіння, куди переміщуються пасажирів. Кінцевим зупиночним пунктом є щільно населений мікрорайон Вишенька з розташуванням різних торговельних центрів, навчальних та медичних закладів. На шляху проходження маршруту розміщені: Західний автовокзал, ВНТУ, парк, ТРК «Поділля-Сіті», лікарня імені Ющенка, Кондитерська фабрика, автостанція «Східна». В ці пункти переміщується велика кількість пасажирів з різними цілями. Зупинками максимального пасажиропотоку є автосалон Рено (в прямому напрямку) та вулиця Лізи Чайкіної (в зворотному напрямку).

На маршруті розташовані 36 проміжних зупинних пунктів. Середня довжина перегону становить 0,44 - 0,45 км. Довжина маршруту 16,14 км. Пасажиरोобіг зупиночних пунктів наведений на рисунках 4.2 та 4.3.

З аналізу діаграми найбільш завантаженими перегонами в прямому напрямку є: Західний автовокзал у зв'язку з пересадками пасажирів на інші автобусні напрямки, вул. Академіка Ющенка, вул. Зодчих, вул. Лугова та Військово-медичний клінічний центр. Найменший пасажирообіг на зупинках вул. Стельмаха та Міст.

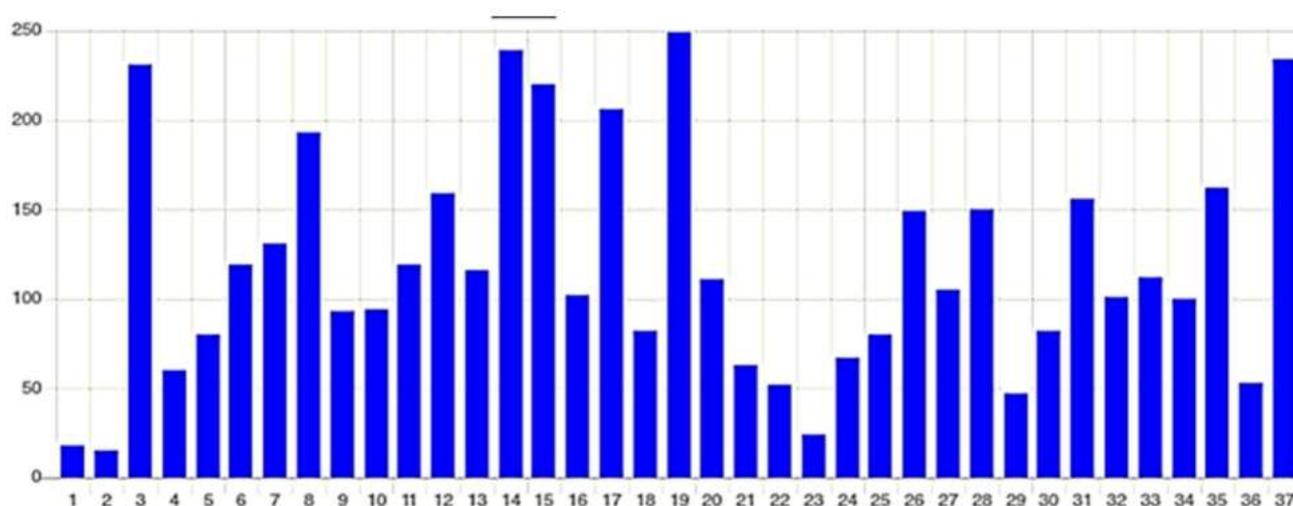


Рисунок 4.2 – Пасажиरोобіг зупинок в прямому напрямку

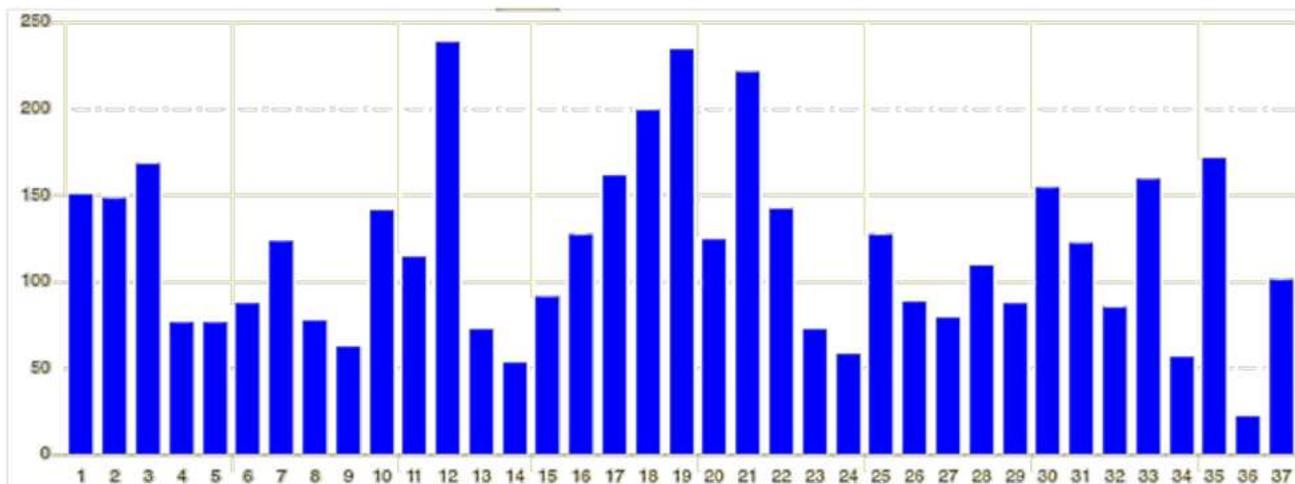


Рисунок 4.3 – Пасажи́рообі́г зупинок в зворотному напрямку

В зворотному напрямку найбільший пасажирообіг на зупинках Кондитерська фабрика "Рошен", ТРК "Поділля-Сіті" та вул. Зодчих. Найменший пасажирообмін на зупинках вул. Гліба Успенського, Нова пошта та вул. Стельмаха. Виходячи з вище наведеного аналізу, рухомий склад майже завжди буде здійснювати зупинку за вимогою пасажира пунктах з максимальним пасажирообміном.

Пасажи́ропо́тік перегонів наведено́й на рисунках 4.4 та 4.5. Крім того, ці величини характеризують ступінь завантаження автобусів між зупинками. Виходячи з графіків середній рівень завантаження має більшість зупинних пунктів маршруту. На графіках зображений максимально можливий та середній пасажиропотоки на зупинних пунктах. В прямому напрямку це від 1 до 45 пасажирів, а у зворотному від 11 до 52 пасажирів.

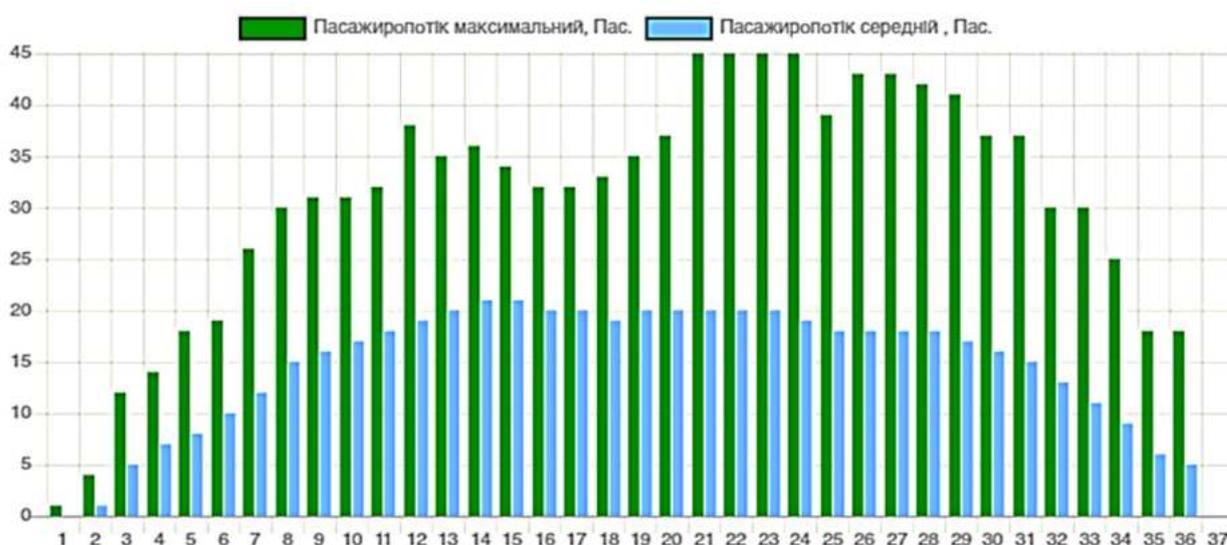


Рисунок 4.4 – Пасажи́ропоті́к перегоні́в в пря́мому на́прямку

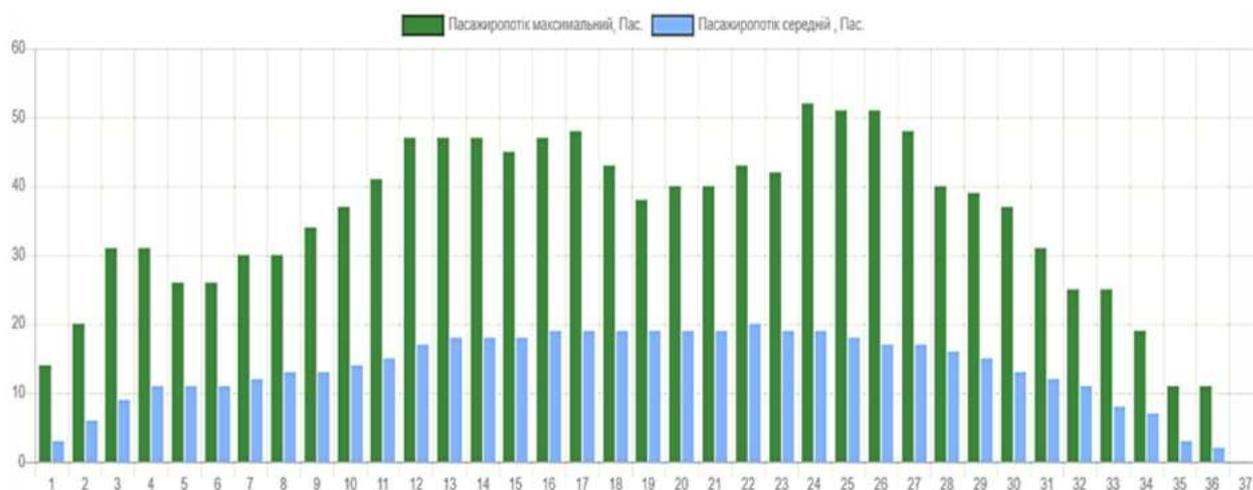


Рисунок 4.5 – Пасажи́ропоті́к перегоні́в в зворотному на́прямку

4.2 Визначення необхідної кількості автобусів

Кількість автобусів для перевезення пасажирів на маршруті визначається виходячи з даних про пасажиропотік та місткості автобуса, обраного для виконання перевезень. Необхідно також враховувати нерівномірність пасажиропотоку як у період внутрішньо годинної роботи автобуса, так і по днях тижня.

Кількість автобусів, необхідних для перевезення пасажирів у відповідний час доби (по кожній годині роботи) визначається за формулою:

$$A_M^{i-(i+1)} = \frac{Q^{i-(i+1)}}{W_Q}, \quad (4.1)$$

де $Q^{i-(i+1)}$ – пасажиропотік між i і $(i+1)$ годинаю доби, пас;

W_Q – годинна продуктивність рухомого складу, пас/год.

Годинна продуктивність автобусу визначається за наступною формулою:

$$W_Q = \frac{q_n \cdot \gamma_c \cdot \eta_{зм}}{\frac{l_M}{V_T \cdot \beta_o} + t_{оп} \cdot n_{оп} + t_{ок}}, \text{ пас/год}, \quad (4.2)$$

де q_n – номінальна пасажиромісткість автобуса, місць;

$\eta_{зм}$ – коефіцієнт змінності пасажирів.

Виходячи з продуктивності роботи обраного автобуса, визначається необхідна кількість автобусів для роботи на маршруті (рисунок 4.6).

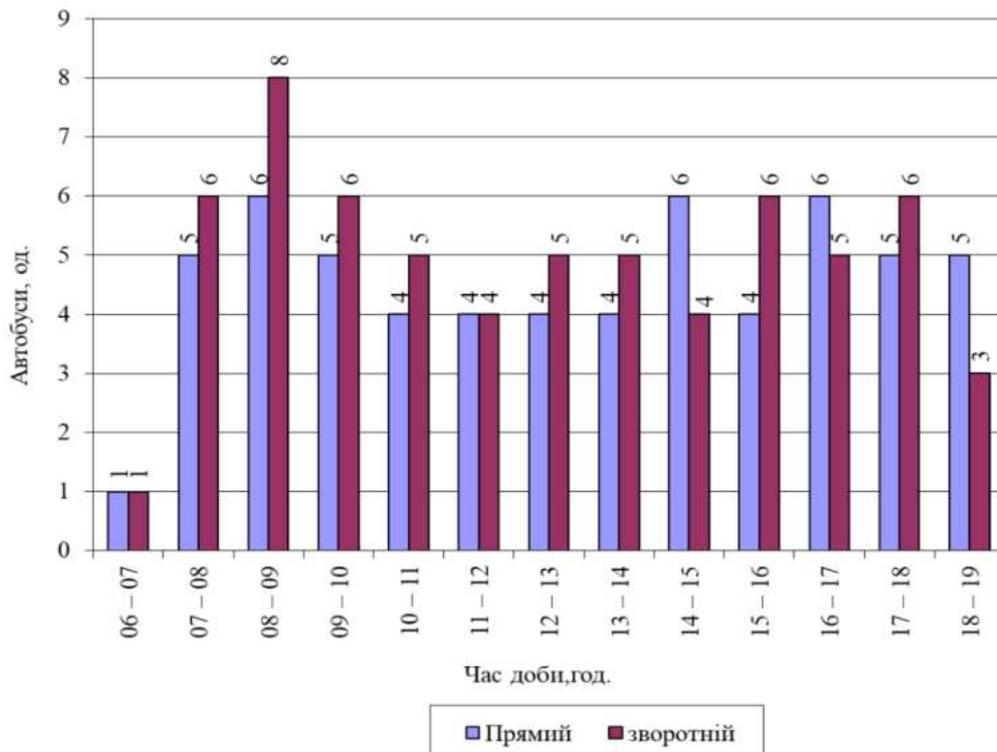


Рисунок 4.6 – Потрібна кількість автобусів на маршруті за напрямками руху

Пасажиропотік є нерівномірним, тому кількість автобусів в прямому та зворотному напрямках різниться. Однак, для забезпечення якісних перевезень, було прийнято однакову (більшу) кількість транспортних засобів, які будуть працювати на маршруті. Загальна кількість автобусів для роботи на маршруті представлена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Прийнята кількість автобусів для роботи на маршруті

Години доби	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Кількість автобусів, од.	2	12	16	12	10	8	10	10	12	12	12	12	10

Після вибору потрібної кількості автобусів розраховано інтервал руху за наступною формулою:

$$i^{i-(i+1)} = \frac{t_p}{A_m^{i-(i+1)}}, \text{ хв}, \quad (4.3)$$

де t_p – час рейсу на маршруті, хв.

Наприклад, з 9 до 10 години інтервал руху буде дорівнювати:

$$i^{9-10} = \frac{44,4}{6} = 7 \text{ хв.}$$

Аналогічно розраховуємо інтервали руху для інших проміжків часу. Результати розрахунку приводимо в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Інтервали руху автобусів на маршруті за годинами доби

Години доби	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Інтервал руху, хв	44	7	6	7	9	11	9	9	7	7	7	7	9

Графік рекомендованих інтервалів руху представлений на рисунку 4.7.

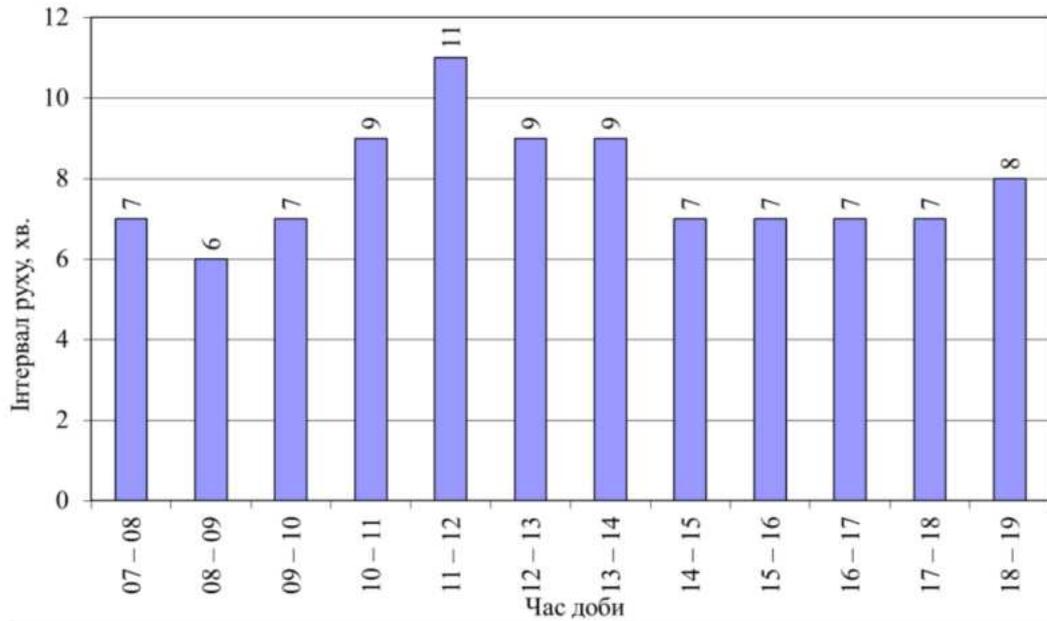


Рисунок 4.7 – Рекомендовані інтервали руху автобусів

Нижче представлений розклад руху автобусів з рекомендованими діапазонами інтервалів (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Розклад руху на маршруті

Напрямок руху маршруту	Час відправлення перших рейсів		Інтервал руху, хв. (по годинах)			Час відправлення останніх рейсів		
	1-ий	2-ий	7-11	11-14	14-19			
Прямий	6:00	6:27	6-9	9-11	7-8	21:30	21:45	22:00
Зворотній	6:10	6:37	6-9	9-11	7-8	21:30	21:45	22:00

4.3 Техніко–експлуатаційні показники роботи автобусів на маршруті

Для оцінки роботи парку пасажирського рухомого складу застосовується ряд кількісних та якісних показників.

Крім цього показники можна класифікувати на підгрупи:

1. Тимчасові показники.

2. Пробіг і ступінь його використання.
3. Пасажиrowмісність і ступінь її використання.
4. Швидкісні показники.
5. Рухомий склад і ступінь його використання.

Для розрахунку техніко–експлуатаційних показників роботи автобусів на маршруті використовуються вихідні показники маршруту, приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6– Показники маршруту

Довжина маршруту, км	Нульовий пробіг, км	Час в наряді, ч	Техніч-на швид-кість, км/год	Кількість проміж-них зупинок	Час зупинки на проміж-них пунктах, с	Час стоянки на кінцевих пунктах, хв.
16,14	6,0	16,46	21,5	12	20	7

Слід відзначити, що автобус працює в режимі маршрутного таксі. Отже, він не може здійснювати зупинки на кожному зупинному пункті маршруту. Тому, прийнято, що кількість зупинок при визначенні часу рейсу дорівнює в середньому 12. Час стоянки на кінцевих пунктах також є відносною величиною.

1. Час рейса автобуса на маршруті визначається по формулі:

$$t_p = \frac{l_m}{v_m} + n_{on} \cdot t_{on} + t_{ok}, \text{ год}, \quad (4.4)$$

де l_m – довжина маршруту, км;

v_m – технічна швидкість, км/год;

n_{on} – кількість проміжних зупинок;

t_{on} – час зупинки на проміжних пунктах, год;

t_{ok} – час стоянки на кінцевому пункті, год.

$$t_p = \frac{16,14}{21,5} + 12 \cdot 0,006 + 0,08 = 0,9 \text{ год.}$$

2. Час оборту автобуса на маршруті визначається за формулою:

$$t_{об} = 2 \cdot t_p \quad (4.5)$$

$$t_{об} = 2 \cdot 0,9 = 1,6 \text{ год.}$$

3. Час на нульовий пробіг знаходиться за формулою:

$$T_0 = \frac{l_0}{V_m} \quad (4.6)$$

де l_0 – відстань нульового пробігу, км.

$$T_0 = \frac{6}{21,5} = 0,27 \text{ год.}$$

4. Час роботи на маршруті знаходиться за формулою:

$$T_m = T_n - T_0 \quad (4.7)$$

де T_n – час роботи в наряді, год;

T_0 – час, затрачуваний на нульовий пробіг, год.

$$T_m = 16,46 - 0,27 = 16,19 \text{ год}$$

5. Кількість рейсів визначається за формулою:

$$z_p = \frac{T_m}{t_p} \quad (4.8)$$

де T_m – час роботи на маршруті, год.

$$z_p = \frac{16,19}{0,9} = 18.$$

6. Робимо уточнення часу в наряді.

Час в наряді визначається по наступній формулі:

$$T_n = T_0 + t_p \cdot z_p \quad (4.9)$$

$$T_n = 0,27 + 0,9 \cdot 18 = 16,47 \text{ год.}$$

7. Продуктивний пробіг на маршруті визначається по формулі:

$$l_{np} = z_p \cdot l_m \quad (4.10)$$

$$l_{np} = 18 \cdot 16,14 = 290 \text{ км.}$$

8. Загальний пробіг визначається за формулою:

$$l_{заг} = l_{np} + l_0 \quad (4.11)$$

$$l_{заг} = 290 + 6 = 296 \text{ км}$$

9. Коефіцієнт використання пробігу визначається за формулою:

$$\beta = \frac{l_{np}}{l_{заг}} \quad (4.12)$$

$$\beta = \frac{290}{296} = 0,98$$

Значення розрахованих техніко – експлуатаційних показників роботи автобусів на маршруті заносимо в зведену таблицю показників (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Показники використання автобусів на маршруті

№ з/п	Найменування показників	Одини-ця виміру	Позначе ння	Значення
1.	Довжина маршруту	км	l_m	16,14
2.	Час рейсу	год	t_p	0,9
3.	Час обороту	год	$t_{об}$	1,6
4.	Технічна швидкість	км/год	V_T	21,5
5.	Експлуатаційна швидкість	км/год	V_e	19,2
6.	Час в наряді (уточнений)	год	T_n	16,47
7.	Час роботи на маршруті	год	T_m	16,19
8.	Час, затрачуваний на нульовий пробіг	год	T_o	0,27
9.	Загальний пробіг одного автобуса:	км		
	– нульовий		l_o	6
	– продуктивний		l_{np}	290
	– на маршруті	–	$l_{заг}$	296
10.	Коефіцієнт використання пробігу	–	β	0,98
11	Кількість рейсів	-	z_p	18
12	Середня дальність поїздки пасажирів	км	$l_{пп}$	5,36
13	Коефіцієнт наповнення салону автобуса		γ_n	0,8
14	Модель автобуса			АТАМАН А092
15	Місткість автобуса	місць	q_n	21(46)
16	Максимальна кількість автобусів	од	A_{max}	8

4.4 Економічна доцільність запропонованого рішення

Економічний ефект можна розрахувати як економію вартості паливно-мастильних матеріалів (за рахунок зменшення кількості транспортних засобів, загального пробігу на маршрутах та експлуатації автобусів, що працюють на газовому моторному паливі) на одного перевезеного пасажира:

$$З = \sum_{k=0}^3 \frac{L_k \cdot P_k \cdot Ц_k}{100 \cdot N_k \cdot q_k} \quad (4.13)$$

де k – тип автобусів, що використовуються на маршруті: при $k=1$ – автобуси малої місткості (21 ос.), що працюють на дизельному паливі; при $k=2$ – автобуси великої місткості (106 ос.), що працюють на дизельному паливі.

L_k – сумарний пробіг всіх автобусів типу k , км;

P_k – витрата палива автобусів типу k , грн/100 км;

K_k – ціна палива, що використовується автобусами типу k , грн;

N_k – кількість автобусів типу k ;

q_k – пасажиромісткість автобуса типу k , чол.

При існуючій схемі організації дорожнього руху:

$$З_{\text{існ}} = \frac{14875,5 \cdot 10 \cdot 36}{100 \cdot 400 \cdot 18} + \frac{690,1 \cdot 55 \cdot 11}{100 \cdot 19 \cdot 116} \approx 7,43 + 1,89 \approx 9,32 \text{ грн/пас}$$

Відповідно до запропонованої схеми організації дорожнього руху, при заміні частини малогабаритних автобусів на автобуси великої місткості, що працюють на дизельному паливі:

$$З_{\text{проп}} = \frac{2780,8 \cdot 10 \cdot 36}{100 \cdot 127 \cdot 18} + \frac{2879,7 \cdot 26,5 \cdot 36}{100 \cdot 119 \cdot 116} \approx 4,38 + 1,99 \approx 6,37 \text{ грн/пас}$$

4.5 Оцінка соціального ефекту від впровадження запропонованого рішення

Позитивний соціальний ефект можна оцінити за обсягом перевезених пасажирів, а також за зменшенням тимчасових затримок, пов'язаних з часом очікування транспортного засобу, простоем транспортного засобу на ПС і в умовах заторів. Для того щоб об'єднати в єдиний показник соціальної ефективності конкретні значення часу доставки пасажирів між кожною парою транспортних районів, їх необхідно звести до єдиної бази (на одного пасажирів, що перевозиться):

$$K_{\text{соц}} = \frac{\sum t_{l-m}^{\text{дост}}}{\sum_{k=1}^2 N_k \cdot q_k} \quad (4.14)$$

де l - порядковий номер району відправлення,

m - порядковий номер району прибуття,

$t_{l-m}^{\text{дост}}$ - час доставки пасажирів з регіону l в регіон m , хв.

Розрахунок часу доставки між кожною парою транспортних районів проводився за моделлю як для існуючих, так і для запропонованих схем руху. При існуючій схемі організації дорожнього руху:

$$K_{\text{соц}}^{\text{існ}} = \frac{138544}{400 \cdot 18 + 19 \cdot 116} = \frac{138544}{9404} = 14,73 \text{ хв/пас}$$

При запропонованій схемі організації дорожнього руху:

$$K_{\text{соц}}^{\text{проп}} = \frac{134251}{127 \cdot 18 + 119 \cdot 116} = \frac{134251}{16090} = 8,34 \text{ хв/пас}$$

Скорочення часу доставки пасажирів обумовлено, зокрема, усуненням затримок між транспортними засобами під час очікування посадки/висадки, що пов'язано зі зменшенням перекриттів маршрутів та частковою заміною

малогабаритних автобусів на автобуси великої місткості. При існуючій схемі організації дорожнього руху, коли через одну зупинку проходить близько 20 різних маршрутів, на ній може одночасно перебувати 5-10 автобусів. За запропонованою схемою організації, за рахунок зменшення кількості маршрутів, що проходять через кожну зупинку, 1 автобус місткістю 106 осіб може замінити 2 транспортних засобів місткістю 46 осіб. У кількісному вираженні порівнювали максимальний час простою кожного виду транспортного засобу на ОП, коли висаджувалося 106 осіб і стільки ж пасажирів згодом сідало на борт:

(а) автобус місткістю 116 осіб:

$$t_{зп} = \frac{(106+106) \cdot 1,2}{3} = 93 \text{ сек} \approx 1,55 \text{ хв};$$

б) автобус місткістю 21 осіб:

$$t_{зп} = 6 \cdot \frac{(21+21) \cdot 1,2}{1} + \frac{(2+2) \cdot 1,2}{1} = 259,2 + 19,2 \text{ сек} \approx 4,64 \text{ хв};$$

Для порівняння мінімального часу простою кожного виду транспортного засобу на ОП було розраховано час висадки і подальшої посадки 1 людини:

а) автобус місткістю 106 осіб:

$$t_{зп} = \frac{(1+1) \cdot 1,2}{3} = 0,8 \text{ сек} \approx 0,013 \text{ хв};$$

б) Автобус місткістю 21 особа:

$$t_{зп} = \frac{(1+1) \cdot 1,2}{1} = 2,4 \text{ сек} \approx 0,04 \text{ хв};$$

Таким чином, введення автобусів великої місткості дозволяє скоротити час на посадку і висадку в середньому в 2 рази.

Позитивний соціальний ефект полягає також у можливості зменшення кількості ДТП, що відбуваються через перевищення транспортного навантаження на ділянки вулично-дорожньої мережі.

4.6 Оцінка екологічної ефективності

Екоефективність досягається двома шляхами: за рахунок зменшення загальної кількості автобусів, що проїжджають через проблемні ділянки ВДМ, і за

рахунок заміни дизельних автобусів на більш екологічні автобуси, що працюють на метані. Обсяги забруднюючих речовин (ЗР) розраховували за формулою:

$$V_{ЗР} = \sum_{k=0}^3 \frac{N_k \cdot H_k}{1000} \quad (4.15)$$

де H_k - вміст ЗР у вихлопних газах двигуна, г.

У таблиці 4.8 наведені значення викидів при існуючій схемі руху, при цьому запропонована схема руху з використанням автобусів великої місткості, що працюють на дизельному паливі та природному газі, на моторному паливі.

Таблиця 4.8 – Обсяги забруднюючих речовин, кг/добу

Найменування забруднюючої речовини	Об'єми викидів при схемі організації руху	
	Існуючій	пропонованій з використанням великих автобусів на ДП
СО	569,1	472,7
NOx	1117,3	945,4
СхНу	3956,9	3437,8
Сажа	3646,3	3008,0

4.7 Аналіз ризиків в управлінні міськими автобусними перевезеннями

Складні системи завжди пов'язані з ризиками. Особливо це стосується транспортних систем. Оскільки реалізація пропозицій щодо вдосконалення міського автобусного транспорту потребує інвестицій, це пов'язане з ризиками, тому кожне управлінське рішення також має розглядатися з точки зору управління ризиками.

Управління ризиками – це процеси, пов'язані з прогнозуванням, аналізом ризиків та розробкою рішень щодо мінімізації негативного впливу можливих наслідків. Специфіка управління ризиками в транспортних системах полягає в складності їх прогнозування, так як аварійна ситуація потенційно може

виникнути в будь-якій точці маршруту, а одні і ті ж події можуть привести до абсолютно різних наслідків [12].

У більшості робіт які стосуються оцінки ризиків, прийнято ділити процес управління ризиками на 4 етапи:

1) Ідентифікація ризиків. На цьому етапі відбувається класифікація та виявлення потенційних ризиків в управлінні транспортною системою.

2) Оцінка ризиків. На другому етапі визначаються ймовірності того чи іншого ризику, виявленого на першому етапі, і виявляються їх наслідки. Для досягнення поставленої мети використовуються статистичні дані минулих років, а також попередній досвід.

3) Вибір способу зниження ризику. До основних методів управління ризиками відносяться: передача ризику, запобігання, пом'якшення можливих наслідків, а також прийняття ризику.

4) Моніторинг ризиків проводиться для своєчасного реагування на зміни в системі та оцінки ефективності управління ризиками.

Ефективність управлінських рішень у сфері автобусних перевезень багато чому залежить від прогнозування та правильної класифікації ризиків [2]. Оскільки основною функцією міського пасажирського транспорту є забезпечення мобільності населення, то основним ризиком організатора пасажирських перевезень є ризик невиконання соціальних зобов'язань перед населенням.

Для більш точного виявлення ризиків необхідно аналізувати їх в розрізі власників ризиків, сфер виникнення і перспектив розвитку [16] (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Куб взаємозв'язку між складовими процесу управління ризиками, його учасниками та власниками

Ризик як фізична категорія повинен оцінюватися за допомогою двовимірного набору показників: міри невизначеності настання негативного результату (ймовірності ризику) і міри наслідків або шкоди [17].

Ці дані служать вихідною інформацією для подальшого кількісного аналізу ризиків, який може бути реалізований об'єктивним або суб'єктивним методом. Об'єктивний метод, звичайно ж, краще, так як він виключає помилки, пов'язані з людським фактором. В таких умовах ймовірність ризику може бути визначена суб'єктивним методом, який в більшості випадків ґрунтується на експертному висновку не менше 10 компетентних у цій галузі фахівців.

Існує велика кількість методів оцінки ризиків: спіраль ризику, SWOT-аналіз, крива ризику, аналіз чутливості та ін. Для цього 10 експертам (співробітникам Департаменту транспорту і приватним перевізникам, які працюють в сфері пасажирських перевезень не менше 5 років) було запропоновано оцінити ймовірність виникнення кожного ризику відповідно до таблиці 4.9, і розмір потенційного збитку від кожної події - відповідно до таблиці 4.10.

Таблиця 4.9 – Оцінка ймовірності виникнення ризику

Ймовірність настання ризику	Вкрай низька ймовірність	Низька ймовірність	Ризик можливий	Висока ймовірність	Надзвичайно висока ймовірність
Рівень ризику	1	2	3	4	5

Таблиця 4.10 – Оцінка ризику потенційної шкоди

Наслідки	Без наслідків	Малий	Значний	Критичний	Катастрофічних
Рівень шкоди	1	2	3	4	5

Потім отримані значення по кожному ризику перемножували, заносили результати в таблицю 4.12 і на їх основі будували матрицю рівнів ризику, представлену на рисунку 4.10. Оскільки в таблиці 4.11 деякі ризики мають кілька наслідків при різних рівнях збитку, то рівень ризику в загальному випадку

оцінювався за максимальним значенням. На рисунку 4.10 цифри в центрі кожної клітинки позначають рівень ризику, а цифри в правому нижньому кутку осередку - номер ризику.

Муніципальні органи влади завжди прагнуть до зниження можливих втрат, пов'язаних з виникненням ризику, незалежно від причин його виникнення. У випадку з міським пасажирським транспортом такі методи, як уникнення і передача ризику, неприйнятні. Розробити заходи щодо пом'якшення або запобігання абсолютно всіх можливих ризиків складно через обмеженість ресурсів. Тому в першу чергу пропонуються управлінські дії щодо запобігання або пом'якшення ризиків, що знаходяться в критичній (червоній) зоні рівня ризику, потім для ризиків, які знаходяться в жовтій зоні, і приймаються ризики, які знаходяться в зеленій зоні (рис. 4.9).

ОЦІНКА ВІРОГІДНОСТІ	ВАЖКІСТЬ НАСЛІДКІВ				
	1	2	3	4	5
5 ДУЖЕ ВИСОКА	5	10 4	15	20	25
4 ВИСОКА	4	8	12 25	16 14, 22, 23	20
3 РИЗИК МОЖЛИВИЙ	3	6	9 7, 8, 9, 13	12 12	15 5
2 НИЗЬКА ВІРОГІДНІСТЬ	2	4	6 6, 17	8 1, 2, 3, 11, 15, 24	10
1 ДУЖЕ НИЗЬКА ВІРОГІДНІСТЬ	1	2 16	3 10, 14, 18	4 19, 20, 21	5

Рисунок 4.9 – Матриця рівнів ризику

У таблиці 4.11 узагальнено результати аналізу ризиків управління міськими автобусами з точки зору Транспортного відділу м. Вінниці в розрізі сфер виникнення із зазначенням точок вразливості системи, рівнів ризику, а також пропозицій щодо методів управлінських дій.

Таблиця 4.11 – Оцінка ризиків в управлінні автобусами

№ п/н	Ризик	Вразливість системи	Оцінка вір-ті	Тяжкість наслідків	Рівень ризику	Методика дії
1	2	3	4	5	6	7
Техніка						
1	Незадовільний стан транспортних шляхів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Своєчасний ремонт шляхів сполучення
		Скорочення часу доставки		1	2	
2	Використання неякісних запчастин та витратних матеріалів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Укладення договорів з надійними контрагентами
		Часті простої в ремонті		3	6	
3	Вихід з ладу транспортних засобів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Регулярне технічне обслуговування
				Своєчасне списання транспортних засобів та купівля нових		
		Відмовлено в перевезенні		3	6	Використання якісних запасних частин і матеріалів
Процес						
4	Недотримання графіка	Зменшення об'єму перевезень	5	2	10	Впровадження механізмів контролю за дотриманням графіка
		Невдоволення транспортною мобільністю населення		3	15	Розробка системи оплати праці водіїв в залежності від точності дотримання графіка
5	Населення віддає перевагу автобусам малої пасажиромісткості	Нерентабельність використання екологічно чистих автобусів	3	5	15	Підвищення лояльності населення до автобусів великої місткості шляхом: - чіткого дотримання розкладу; - пропаганди
6	Порушення зобов'язань контрагентами	Несвоєчасне ТО	2	3	6	Укладення договорів з надійними контрагентами
7	Брак інформації серед населення про нові маршрути	Скорочення часу доставки	3	3	9	Розробка спеціальних додатків та сайтів, оповіщень для ЗМІ

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6	7
8	Маршрутна мережа охоплює не всі райони міста	Скорочення часу доставки	3	3	9	Застосування сучасних інформаційних технологій для побудови оптимальної маршрутної мережі
9	Помилки в прогнозуванні транспортних потреб населення	Скорочення часу доставки	3	3	9	Використання сучасних інформаційних технологій у прогнозуванні попиту
10	Відмова пасажирів від оплати перевезення	Зниження доходу перевізника	1	3	3	Приймається
Персонал						
11	Водій не пройшов передрейсовий медичний огляд	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	2	4	8	Встановлення алкозамків та інших систем моніторингу водія
12	Людський фактор (поганий настрій, щось болить)	Ризик нещасного випадку	3	4	12	Проходження медичного огляду перед поїздкою, впровадження систем контролю втоми водія
		Конфлікти з пасажиром		1	3	
13	Висока плинність персоналу	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	3	3	9	Розробка методики утримання висококваліфікованого персоналу
		Погіршення продуктивності		2	6	
14	Загрози ударів	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	1	3	3	Прийнято
15	Низька кваліфікація персоналу	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Оплата праці в залежності від кваліфікації
16	Конфлікт між співробітниками	Погіршення продуктивності	1	2	2	Прийнято

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6	7
ІТ-технології						
17	Збої в роботі комп'ютерів, збої в мережах зв'язку	Відсутність чіткої організації роботи та координації дій	2	3	6	Впровадження резервних систем
18	Несанкціонований доступ, втрата інформації		1	3	3	Приймається
Безпека						
19	Масові безлади	Відмовлено в перевезенні	1	3	3	Приймається
		Небезпека життя і здоров'я пасажирів		4	4	
20	Пожежа в ТЗ	Відмовлено в перевезенні	1	3	3	Приймається
		Небезпека життя та здоров'я пасажирів		4	4	
21	Крадіжки, грабежі, підпали та інші зловмисні дії	Небезпека життя та здоров'я пасажирів	1	4	4	Приймається
22	«Перегони» водіїв	Ризик нещасного випадку	4	4	16	Оплата праці водіїв в залежності від точності дотримання графіка і ПДР
23	Недотримання правил дорожнього руху	Ризик нещасного випадку	4	4	16	
Природа, екологія						
24	Погані погодні умови	Відмова в перевезенні	2	3	6	Своєчасне розчищення від снігових заметів на дорогах
		Ризик нещасного випадку		4	8	
25	Негативний вплив на навколишнє середовище	Погіршення екологічної ситуації у місті	4	3	12	Підвищення лояльності населення до автобусів великої місткості
						Зменшення пробігу автомобіля
						Виключення проблемних ділянок з маршрутів GPT

Таким чином, з метою зниження негативного впливу найбільш небезпечних ризиків необхідно впроваджувати цілий комплекс заходів, пов'язаних, перш за все, з грамотною організацією роботи водіїв, а також з підвищенням лояльності населення до громадського транспорту в цілому і до автобусів великої місткості зокрема.

Прийнято вважати, що використання автобусів великої місткості підвищує ефективність перевезень, рівень комфорту пасажирів, а також позитивно впливає на екологічну обстановку в місті. Однак поява на маршруті великих автобусів зазвичай пов'язана зі збільшенням інтервалу руху і незначним зниженням швидкості. Крім того, мешканці м. Вінниці вже близько 10 років використовують для перевезень мікроавтобуси малої та середньої місткості і психологічно можуть бути не готові до появи нових видів транспорту на маршрутах.

Ризик Департаменту транспорту буде виражатися в невиконанні соціальних зобов'язань перед населенням в разі дефіциту транспортних засобів для задоволення попиту населення і в ризику вкладень, вкладених в покупку додаткових автобусів.

Маршрут «Барське шосе – вул. Лугова» був обраний для аналізу, так як він є найдовшим з усіх і, відповідно, вимагає більшої кількості автобусів для освоєння прогнозованого пасажиропотоку.

За песимістичного прогнозу, орієнтовна кількість необхідних автобусів великої місткості становить 6 одиниць. Якщо фактичний пасажиропотік виявиться вищим за прогнозований, то ризик упущеної вигоди буде виражений у добутку вартості проїзду на кількість пасажирів, які не були перевезені через відсутність необхідної кількості транспортних засобів:

$$Z_{\text{втрач}} = Q_{\text{втрач}} \cdot S \quad (4.23)$$

де $Q_{\text{втрач}}$ – кількість втрачених пасажирів, чол.;

S - вартість проїзду, грн.

У той же час, при меншому значенні реального потоку в порівнянні з прогнозованим, є ризик простою пасажирського транспорту, а, отже, куплені транспортні засоби не окупляться.

Проведено оцінку економічної ефективності експлуатації автобусів великої місткості на основі ризиків (табл. 4.12). При розрахунку враховувалася необхідність інвестувати в розвиток інфраструктури, в закупівлю нових транспортних засобів для повного забезпечення транспортних потреб населення і економії витрат на паливо.

Таблиця 4.12 – Оцінка економічної ефективності використання автобусів великої місткості

Показники <u>песим. прогноз</u> оптим. прогноз	Зона ризику				
	Недопустимого 75-100%	Критичного 55-75%	Збільшеного 35-50%	Мінімального 20-35%	Безризикова 0-20%
Транспортний попит населення ос./доб	<u>>400</u> <2630	<u>400-700</u> 2330-2630	<u>700-980</u> 2000-2330	<u>980-1200</u> 1910-2000	<u>1200-1518</u> 1518-1910
Загальні інвестиції, млн.грн	<u><28165,3</u> 11123,5	<u>26367,5</u> 26966,7	<u>22771,9</u> 23970,5	<u>20374,9</u> 20741,1	<u>18577,1</u> 19775,6
Втрачена вигода, тис.грн/рік	<u>9986,4</u> 10212,7	<u>7869,4</u> 7825,6	<u>5569,9</u> 5767	<u>3416,4</u> 3372,6	<u>2065,9</u> 2825,1
Економічна ефективність, тис.грн/рік	<u>12257</u> 19698	<u>11381</u> 19260	<u>10506</u> 18823	<u>9630</u> 18385	<u>8755</u> 17509

4.8 Висновки до розділу 4

1. Ефективність запропонованого рішення розглядається з точки зору економії коштів на паливі (питомі витрати на паливо можуть бути знижені з 9,32 грн. на пасажера до 6,37 грн на пасажера в разі зменшення кількості транспортних засобів на маршрутах за рахунок використання транспортних засобів великої місткості, часу, витраченого на пересування (конкретний час, проведений пасажиром в системі, може бути скорочено з 14,73 хвилин на прохід до 8,34 хвилин на пасажера), екологічна ефективність (добові викиди CO можна зменшити на 96,4 кг, NO_x – на 171,9 кг, C_xH_y – на 519,1 кг, сажі – на 638,3 кг).

2. Проведено аналіз ризиків в управлінні міськими автобусними перевезеннями з позиції Департаменту транспорту в розрізі зон виникнення із зазначенням точок вразливості системи, рівнів ризику, а також пропозицій щодо методів управлінських дій. В результаті було встановлено, що для зниження негативного впливу найбільш небезпечних ризиків необхідно впроваджувати цілий комплекс заходів, пов'язаних, перш за все, з грамотною організацією роботи водіїв, а також з підвищенням лояльності населення до громадського транспорту в цілому і до автобусів великої місткості зокрема. Виявлено залежність ризику від інвестицій та втраченої вигоди.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в результаті застосування комплексного підходу була вирішена проблема підвищення ефективності міських автобусних перевезень:

1. Невідповідність автобусної маршрутної мережі міста структурі рухомого складу і потребам населення було виявлено в результаті аналізу системи міського пасажирського транспорту.

2. Запропоновано універсальну концептуальну модель системи управління міськими автобусними перевезеннями, яка дає змогу досліджувати поведінку транспортної системи міста у разі зміни параметрів транспортних і пасажирських потоків; виявити проблемні місця ВДМ; прогнозувати результати запропонованих управлінських рішень; підібрати оптимальну підстанцію, об'єднавши автобуси різної пасажиромісткості для різного часу доби; координувати інтервали руху автобусів різних маршрутів; формувати базу оптимальних рішень, що розширює можливості використання системи в різних містах зі схожою транспортно-планувальною базою.

3. Розроблено алгоритм підвищення ефективності роботи міського громадського транспорту, в основі якого лежить принцип мінімізації часу доставки пасажирів і загальної кількості транспортних засобів, що одночасно проїжджають через одну ділянку, при збереженні мобільності населення.

4. Визначається залежність часу доставки пасажирів від часу простою транспортного засобу в заторах і на підстанції під час очікування черги на подачу транспортного засобу до місця посадки і висадки, а також відсутність вільних місць в транспортному засобі.

5. Опитування переваг населення проводилося на основі анкети. З'ясувалося, що 17,4% водіїв приватних автомобілів готові скористатися громадським транспортом за наявності необхідного прямого маршруту.

6. Ефективність запропонованого рішення розглядається з точки зору економії коштів на паливі (питомі витрати на паливо можуть бути знижені з 9,32

грн. на пасажир до 6,37 грн. на пасажир в разі зменшення кількості транспортних засобів на маршрутах за рахунок використання транспортних засобів великої місткості, часу, витраченого на пересування (конкретний час, проведений пасажиром в системі, може бути скорочено з 14,73 хвилин на прохід до 8,34 хвилин на пасажир), екологічна ефективність (добові викиди CO можна зменшити на 96,4 кг, NO_x – на 171,9 кг, C_xH_y – на 519,1 кг, сажі – на 638,3 кг). Стійкість транспортної системи при реалізації запропонованого рішення може бути забезпечена за рахунок наближення показників маршрутної мережі до рекомендованих значень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Монографія / М. Н. Бідняк, В. В Біліченко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006 – 176 с.
2. Буренніков Ю.Ю. Економіка транспорту: навчальний посібник / Ю.Ю. Буренніков – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 121 с.
3. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyku.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
4. Дмитриченко М.Ф. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник для ВНЗ / М.Ф. Дмитриченко, Л.Ю. Яцківський, С.В. Ширяєва, В.З. Докуніхін – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009 – 336 с.
5. Левковець П.Р. Управління автомобільним транспортом. Навчальний посібник. За редакцією Д.В. Зеркалова / Левковець П.Р., Зеркалов Д.В. Мельниченко О.І., Казаченко О.Г. – К.: Арістей, 2006.– 416 с.
6. Нагорний Є.В. Комерційна робота на транспорті : Підручник / Є. В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко, Г. І. Переста – Х.: Видавництво ХНАДУ. 2011. – 298 с.
7. Перебийніс В.І., Болдирєва Л.М., Перебийніс О.В. Транспортний менеджмент і транспортний маркетинг виробничо-комерційної діяльності: Монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2016. 201 с
8. Прокудін Г.С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах / Г.С. Прокудін. – К.: НТУ, 2006. – 224 с.
9. Сорока В. С. Транспортно-експедиційна робота : Навчальний посібник [За редакцією д-ра економ, наук, професора Е. А. Зіня] / В. С. Сорока, О. О. Гладковська – Рівне : НУВГП. 2013. – 347 с.
10. Ткачук А.С., Огневий В.О. Методи вирішення задач транспортної маршрутизації / А.С. Ткачук, В.О. Огневий // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», Вінниця, 2026.

[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026>

11. Форнальчик Є. Ю. Моделювання транспортних потоків. Навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 216 с.

12. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Электронный 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

13. Global status report on road safety 2015 [Электронный 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

14. Global Report on Human Settlements 2013 [Электронный ресурс] / UN HABITAT. – 2013. – Режим доступа: <http://unhabitat.org/books/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013/>

15. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives: Increase of City Transport System Management Efficiency with Application of Modeling Methods and Data Intellectual Analysis / I. Makarova, R. Khabibullin [et al.]; ed. by A. Śładkowski [et al.] // Studies in Systems, Decision and Control. – Vol. 32. – Switzerland: Springer International Publishing AG, 2016. – P. 37-80.

16. Makarova, I.V. City Transport System Improvement through the Use of Simulation Modeling System / I.V. Makarova, E.I. Belyaev [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9, № 22. – P.15649-15655.

17. Chen, H.-K. The application of a route diversion strategy to a vehicle route guidance system using multiple driver classes / H.-K. Chen, D.-H. Lee, Ch.-T. Fu // Transportation Planning and Technology. – 1994. – Vol. 18, Iss. 2. – P. 81-105.

18. Sun, L. A New Robust Optimization Model for the Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands / L. Sun // Journal of Interdisciplinary Mathematics. – 2014. – Vol. 17, Iss. 3. – P. 287-309

19. Huang, Z.D. A GIS-based framework for bus network optimization using genetic algorithm / Z.D. Huang, X.J. Liu [et al.] // *Annals of GIS*. – 2010. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 185-194.

20. Ulusoy, Y.Y. Optimal bus service patterns and frequencies considering transfer demand elasticity with genetic algorithm / Y.Y. Ulusoy, S. I-J. Chien // *Transportation Planning and Technology*. – 2015. – Vol. 38, Iss. 4. – P. 405-424

21. Anand N. Ontology-based multi-agent system for urban freight transportation / N. Anand, R. van Duin, L. Tavasszy // *International Journal of Urban Sciences*. – 2014. – Vol. 18, Iss. 2. – P. 133-153.

22. VISUM User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chinautc.com/information/manage/UNCC_Editor/uploadfile/20081105144806983.pdf.

23. Abraham, I. A Hub-Based Labeling Algorithm for Shortest Paths on Road Networks [Электронный ресурс] / I. Abraham, D. Delling // *SODA 2010*. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2010/12/HL-TR.pdf>.

24. Makarova, I. Ensuring Sustainability of Public Transport System through Rational Management / I. Makarova, R. Khabibullin, A. Pashkevich, K. Shubenkova // *Procedia Engineering*. – 2017. – № 178. – P. 137-146.

25. Hallikas, J. Risk management processes in supplier networks / J. Hallikas, I. Karvonen [et al.] // *International Journal of Production Economics*. – 2004. – Vol. 90. – P. 47–58.

26. Mussigmann, N. Mitigating Risk during Strategic Supply Network Modelling / N. Mussigmann, W. Kersten, T. Blecker // *Managing Risk in Supply Chains*. – 2006. – Vol. 1. – P. 213–226.

27. Tuncel, G. A high level Petri net based modeling approach for risk management in supply chain networks / G. Tuncel, G. Alpan // *Proceedings of the 21st ESM 2007*. – 2007. – P. 178-185.

28. Tuncel, G. How can risks be managed in logistics networks / G. Tuncel // *Dangerous Materials: Control, Risk Prevention and Crisis Management*. – 2010. – P. 93-100.

29. Makarova, I. System approach at risk management of the autoservice enterprise / I. Makarova, R. Khabibullin [et al.] // *Materials of the II International symposium of young researchers «Transport problems 2013»*. – 2013. – P. 557-567.

ДОДАТКИ

Додаток А

Ілюстративна частина

Підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті сполученням «Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті сполученням «Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи

зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами),
спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
08-29.МКР.025.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив здобувач гр. ІТТ-24м

Ткачук А.С.

Вінниця ВНТУ 2025

2

Метою роботи є підвищення ефективності надання транспортних послуг для населення міста за рахунок скорочення часу доставки пасажирів, навантаження на вулично-дорожню мережу та негативного впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Провести теоретичні дослідження існуючих напрямків організації міських автобусних перевезень.
2. Визначити залежність часу доставки пасажирів від часу простою транспортного засобу в заторах і на підстанції під час очікування черги на подачу транспортного засобу до місця посадки, висадки, а також відсутності вільних місць в транспортному засобі.
3. Розробити систему управління міськими автобусними перевезеннями, інтелектуальним ядром якої є імітаційна модель, як метод прийняття управлінських рішень у сфері міського транспорту.
4. Розробити алгоритм прийняття рішень, заснований на мінімізації часу доставки пасажирів і загальної кількості ТЗ, що одночасно проходять через одну ділянку ВДМ.
5. Апробувати запропоновані методи підвищення ефективності автобусних перевезень у місті Вінниці.
6. Оцінити ефективність впровадження запропонованої системи управління міськими автобусами.

Об'єктом дослідження є процес автобусних перевезень міського пасажирського транспорту.

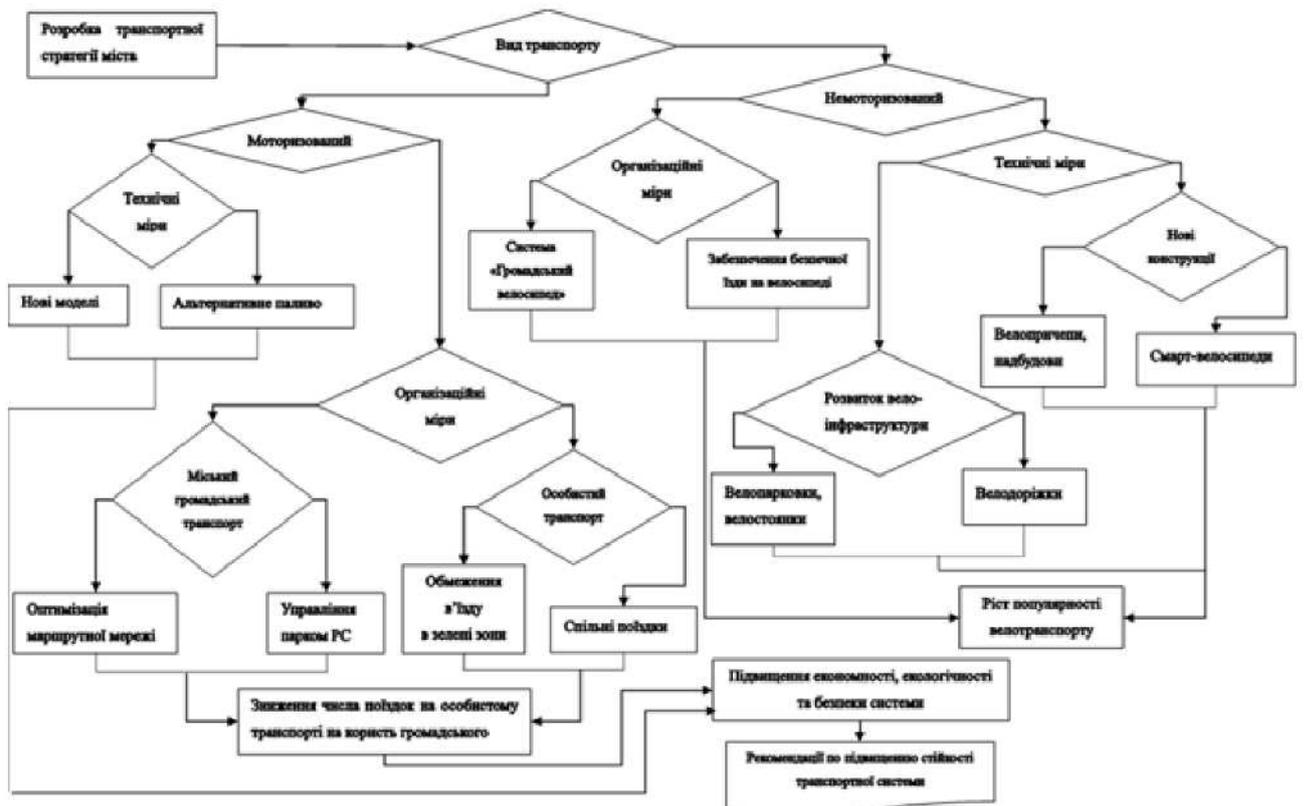
Предметом дослідження є методи та моделі підвищення ефективності організації управління міськими автобусними перевезеннями.

Наукова новизна.

1. Доповнено цільовий функціонал удосконалення міських автобусних перевезень, в основі якого лежить принцип мінімізації як часу доставки пасажирів, так і загальної кількості транспортних засобів, що одночасно проїжджають через одну ділянку, при збереженні мобільності населення.
2. При розрахунку середнього часу доставки пасажирів пропонується враховувати залежність середнього часу очікування пасажирів автобуса від коефіцієнта перевищення кількості вільних місць у транспортному засобі та залежність часу очікування транспортного засобу в черзі на посадку-висадку від коефіцієнта затримки ТЗ на ЗП.
3. Теоретично обґрунтовано значення коефіцієнта перевищення кількості вільних місць у транспортному засобі та коефіцієнта затримки ТЗ.

Напрями сталого розвитку міських транспортних систем

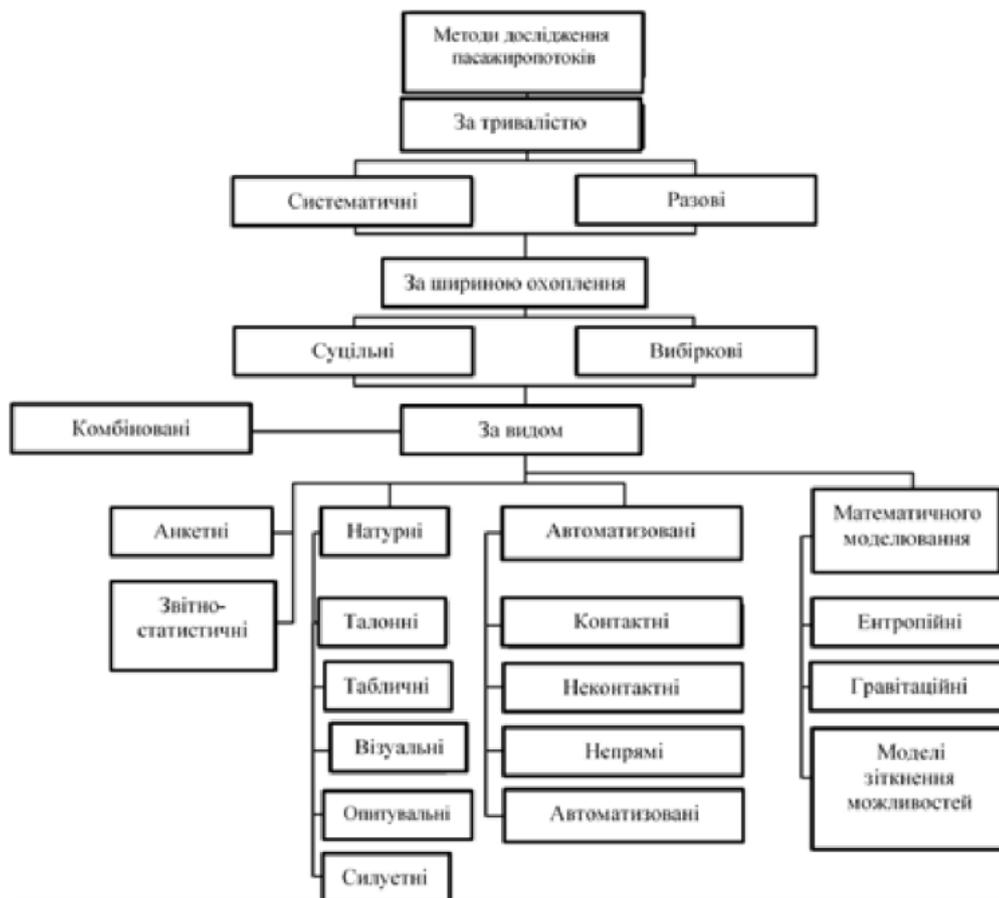
4



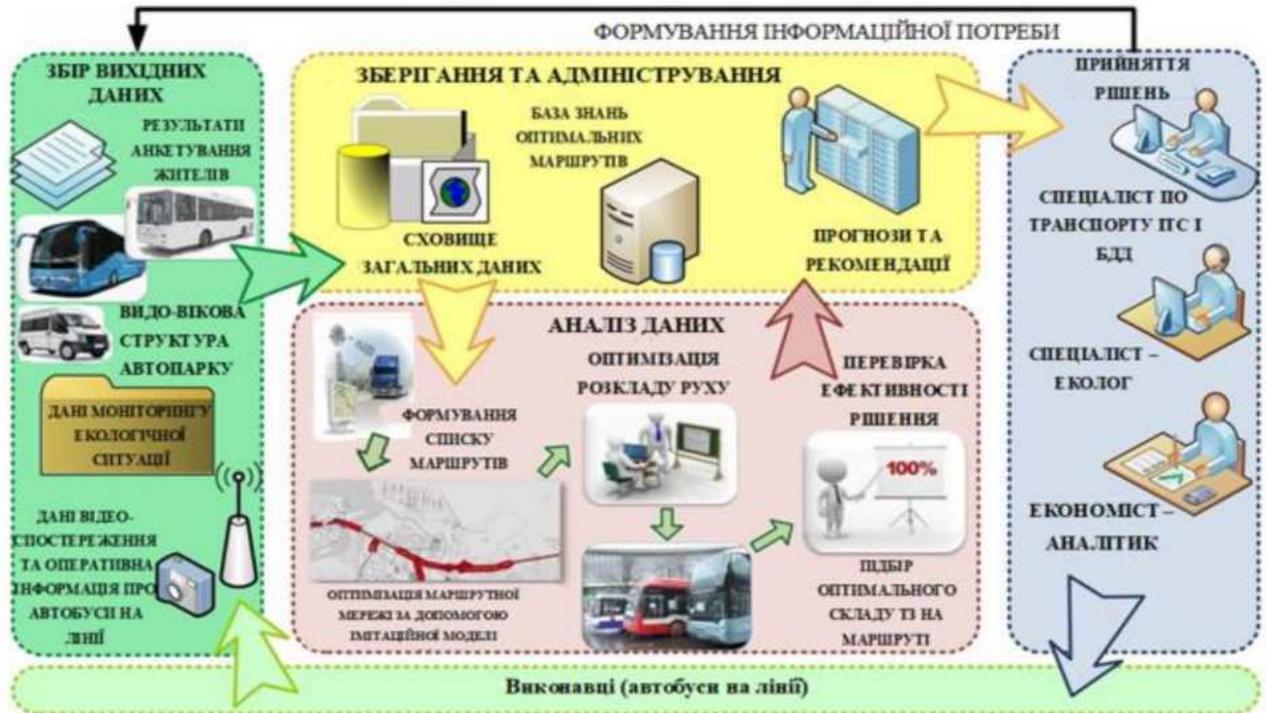
Укрупнена схема технології автоматизованого управління транспортом 5



Класифікація методів обстеження пасажиропотоку



Концептуальна модель системи управління міськими автобусними перевезеннями



Алгоритм організації міських автобусних перевезень

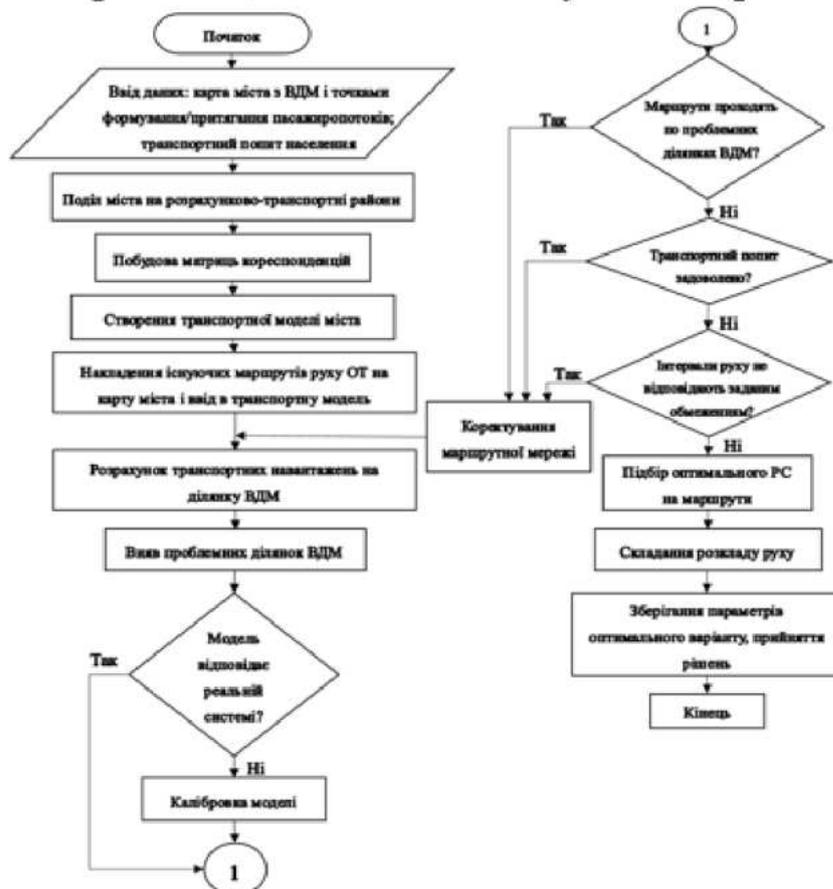
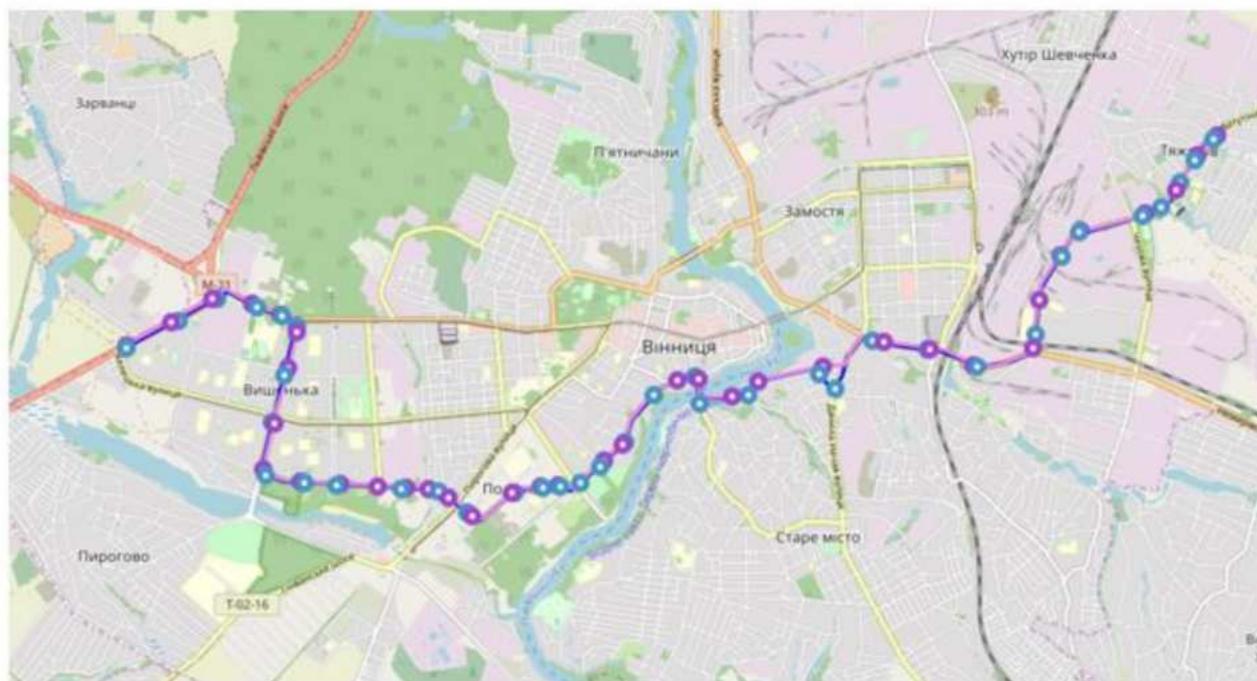


Схема руху маршруту сполученням «Барське шосе – вул. Лугова»



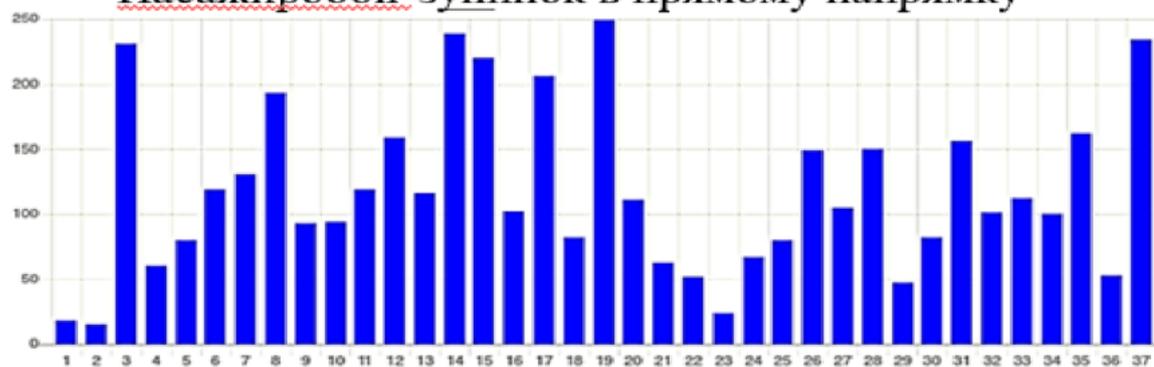
Основні параметри маршруту «Барське шосе – вул. Лугова»

№	Найменування показника	Значення
1	Початкова зупинка	Барське шосе
2	Кінцева зупинка	вул. Лугова
3	Вид маршрута	Маятниковий
4	Довжина маршрута по дорозі, км	16.14
5	Довжина маршрута по повітряній лінії, км	11.10
6	Коефіцієнт непрямолінійності маршрута	1.45
7	Кількість перегонів маршрута у прямому напрямку	36
8	Кількість перегонів маршрута у зворотному напрямку	36
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0,45
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0,44

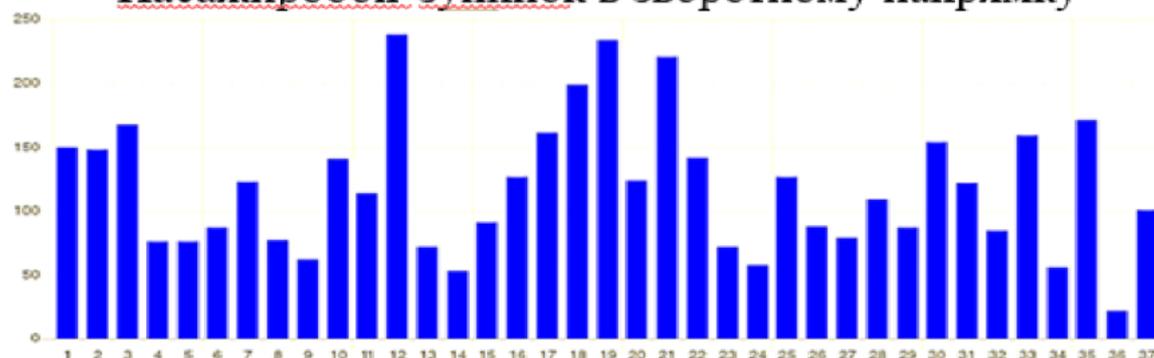
Зупинки і перегони маршрута «Барське шосе – вул. Лугова»

Найменування зупинок		Довжина перегону, км	Найменування зупинок	Довжина перегону, км
1	2	3	4	
1	Барське шосе	0,59	вул. Лугова	0,31
2	вул. Стельмаха	0,25	вул. Степана Тимошенка	0,30
3	Західний автовокзал	0,40	вул. Баженова	0,60
4	вул. Політехнічна	0,27	Автостанція "Східна"	0,50
5	ВНТУ	0,18	ВІЗ	0,70
6	Просп. Юності	0,51	вул. Вагутіна	0,35
7	вул. Василя Порика	0,70	на вимогу	0,10
8	пр. Юності	0,58	Школа №13	0,50
9	пр. Юності	0,40	Зої Ткаченко	0,40
10	Школа №10	0,35	вул. Привокзальна	0,30
11	Парк	0,35	вул. Замостянська	0,60
12	ДПІ	0,20	вул. Дубовецька	0,50
13	вул. Ляли Ратушної	0,40	Кондитерська фабрика	0,60
14	вул. Академіка Ющенка	0,60	вул. Гліба Успенського	0,10
15	вул. Зодчик	0,60	Міст	0,40
16	Бульвар Свободи	0,25	Пристань	0,30
17	ТРК "Полілля-Сіті"	0,50	автосалон Рено	0,50
18	вул. Скалецького	0,30	вул. Князів Кориатовичів	0,25
19	Військово-медичний клінічний центр	0,40	Військово-медичний клінічний центр	0,60
20	вул. Князів Кориатовичів	0,10	вул. Скалецького	0,60
21	автосалон Рено	0,60	ТРК "Полілля-Сіті"	0,40
22	Пристань	0,50	Бульвар Свободи	0,20
23	Міст	0,60	вул. Зодчик	0,35
24	вул. Гліба Успенського	0,30	вул. Академіка Ющенка	0,35
25	Кондитерська фабрика	0,40	вул. Ляли Ратушної	0,50
26	вул. Дубовецька	0,50	ДПІ	0,60
27	вул. Замостянська	0,10	Парк	0,70
28	вул. Привокзальна	0,70	Школа №10	0,50
29	Зої Ткаченко	0,50	пр. Юності	0,40
30	Школа №13	0,60	пр. Юності	0,40
31	на вимогу	0,30	вул. Василя Порика	0,25
32	вул. Вагутіна	0,66	Просп. Юності	0,24
33	ВІЗ	0,21	ВНТУ	0,31
34	Автостанція "Східна"	0,32	вул. Політехнічна	0,48
35	вул. Баженова	0,27	Західний автовокзал	0,48
36	вул. Степана Тимошенка	0,30	вул. Стельмаха	0,52
37	вул. Лугова	-	Барське шосе	-

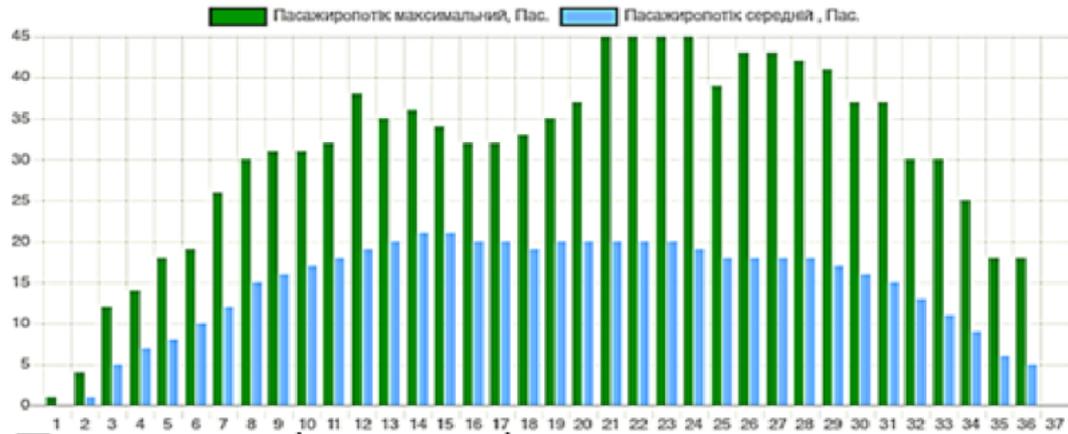
Пасажиروبіг зупинок в прямому напрямку



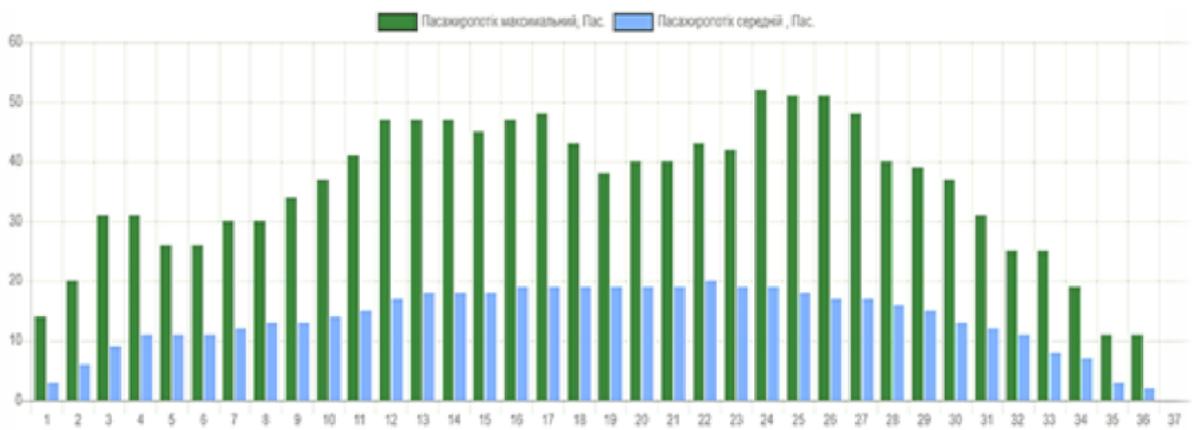
Пасажиروبіг зупинок в зворотному напрямку



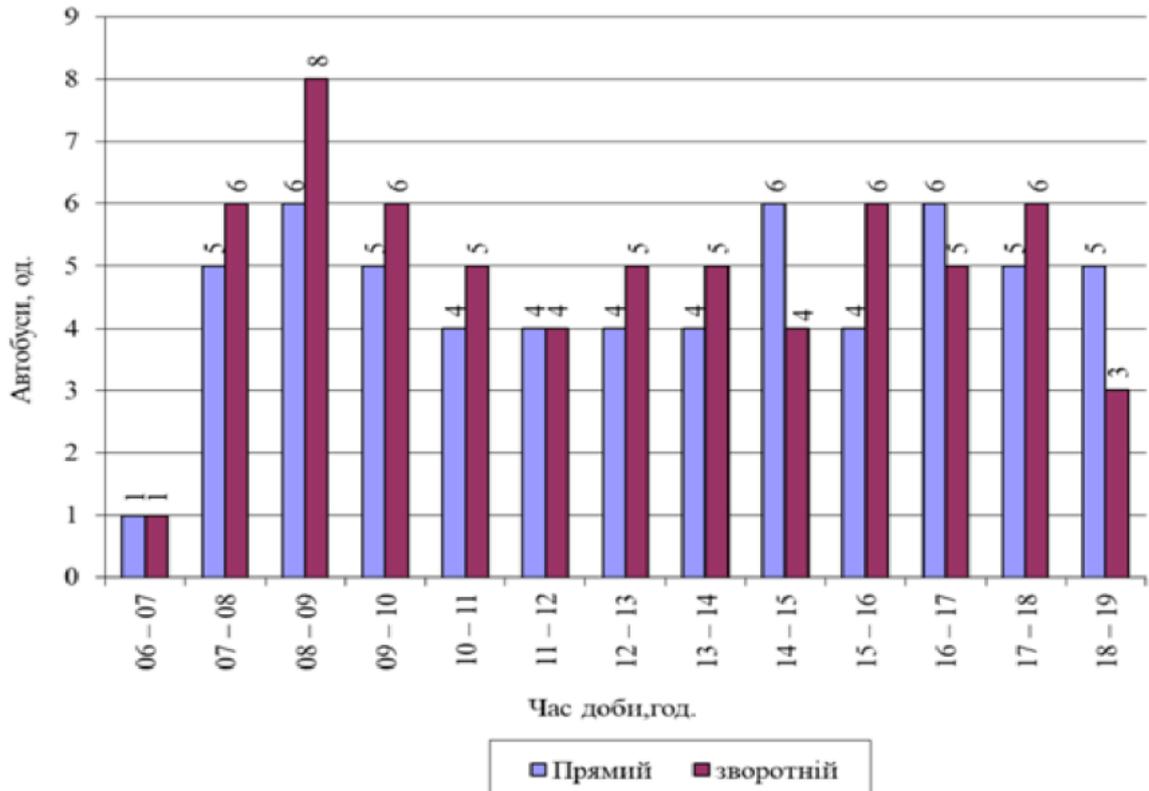
Пасажиропотік перегонів в прямому напрямку



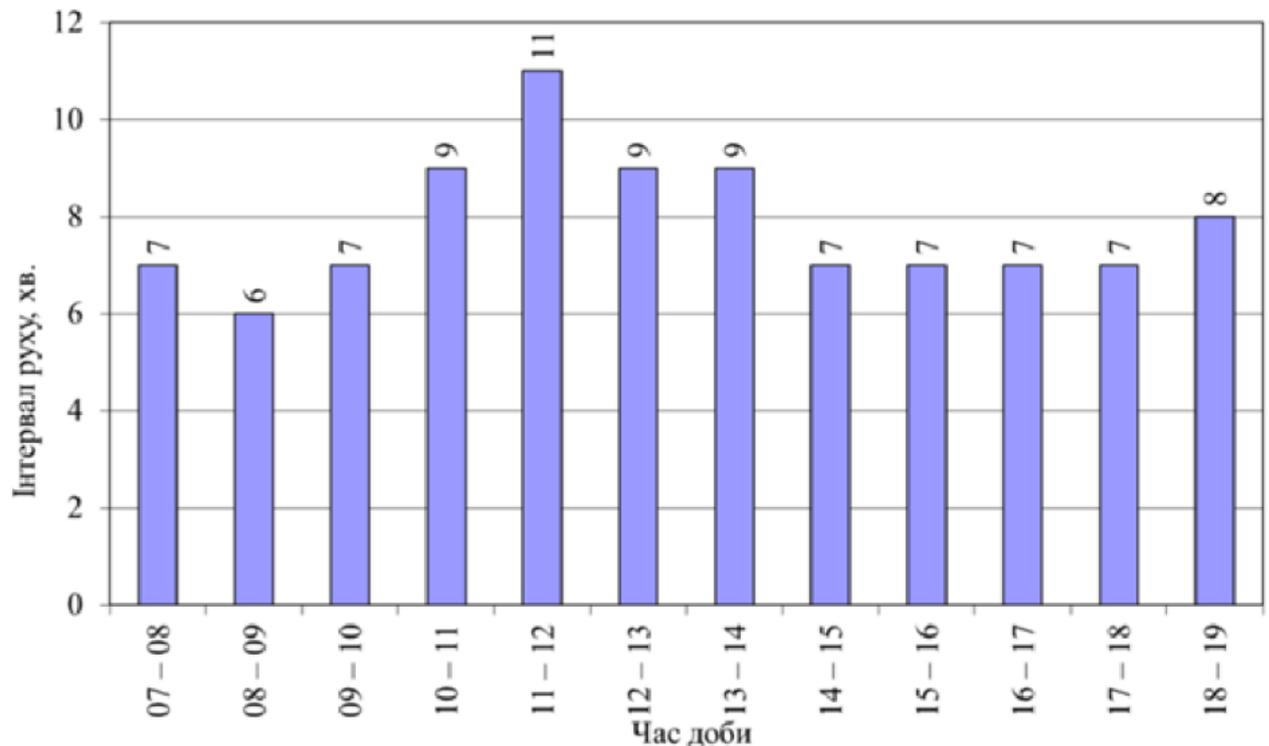
Пасажиропотік перегонів в зворотному напрямку



Потрібна кількість автобусів на маршруті за напрямками руху



Рекомендовані інтервали руху автобусів

Показники використання автобусів на маршруті «Барське шосе – вул. Лугова» 16

№ з/п	Найменування показників	Одини-ця виміру	Позначення	Значення
1.	Довжина маршруту	км	l_m	16,14
2.	Час рейсу	год	t_p	0,9
3.	Час обороту	год	$t_{об}$	1,6
4.	Технічна швидкість	км/год	V_T	21,5
5.	Експлуатаційна швидкість	км/год	V_e	19,2
6.	Час в наряді (уточнений)	год	T_n	16,47
7.	Час роботи на маршруті	год	T_m	16,19
8.	Час, затрачуваний на нульовий пробіг	год	T_o	0,27
9.	Загальний пробіг одного автобуса:	км		
	– нульовий		l_o	6
	– продуктивний		$l_{пр}$	290
	– на маршруті	–	$l_{заг}$	296
10.	Коефіцієнт використання пробігу	–	β	0,98
11.	Кількість рейсів	–	z_p	18
12.	Середня дальність поїздки пасажирів	км	$l_{шп}$	5,36
13.	Коефіцієнт наповнення салону автобуса		γ_n	0,8
14.	Модель автобуса			АТАМАН А092
15.	Місткість автобуса	місце	q_n	21(46)
16.	Максимальна кількість автобусів	од	A_{max}	8

Екологічна ефективність

Обсяги забруднюючих речовин, кг/добу

Найменування забруднюючої речовини	Об'єми викидів при схемі організації руху	
	Існуючій	пропонованій з використанням великих автобусів на ДП
СО	569,1	472,7
NOx	1117,3	945,4
СхНу	3956,9	3437,8
Сажа	3646,3	3008,0

Куб взаємозв'язку між складовими процесу управління ризиками, його учасниками та власниками



Оцінка ризиків в управлінні автобусами

19

№ п/п	Ризик	Вразливість системи	Оцінка вір-ті	Тяжкість наслідків	Рівень ризику	Методика дії
Техніка						
1	Незадовільний стан транспортних шляхів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Свочасний ремонт шляхів сполучення
		Скорочення часу доставки		1	2	
2	Використання неякісних запчастин та витратних матеріалів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Укладення договорів з надійними контрагентами
		Часті простой в ремонті		3	6	
3	Вихід з ладу транспортних засобів	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Регулярне технічне обслуговування
		Відмовлено в перевезенні		3	6	Свочасне списання транспортних засобів та купівля нових
						Використання якісних запасних частин і матеріалів
Процес						
4	Недотримання графіка	Зменшення об'єму перевезень	5	2	10	Впровадження механізмів контролю за дотриманням графіка
		Незадоволення транспортною мобільністю населення		3	15	Розробка системи оплати праці водіїв в залежності від точності дотримання графіка
5	Населення віддає перевагу автобусам малої пасажиромісткості	Нерентабельність використання екологічно чистих автобусів	3	5	15	Підвищення лояльності населення до автобусів великої місткості шляхом: - чіткого дотримання розкладу; - пропаганди
6	Порушення зобов'язань контрагентами	Несвочасне ТО	2	3	6	Укладення договорів з надійними контрагентами
7	Брак інформації серед населення про нові маршрути	Скорочення часу доставки	3	3	9	Розробка спеціальних додатків та сайтів, оповішень для ЗМІ
8	Маршрутна мережа охоплює не всі райони міста	Скорочення часу доставки	3	3	9	Застосування сучасних інформаційних технологій для побудови оптимальної маршрутної мережі
9	Помилки в прогнозуванні транспортних потреб населення	Скорочення часу доставки	3	3	9	Використання сучасних інформаційних технологій у прогнозуванні попиту
10	Відмова пасажирів від оплати перевезення	Зниження доходу перевізника	1	3	3	Приймається
Персонал						
11	Водій не пройшов передрейсовий медичний огляд	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	2	4	8	Встановлення алкозамків та інших систем моніторингу водія
12	Людський фактор (поганий настрій, шість боліть)	Ризик нещасного випадку	3	4	12	Продовження медичного огляду перед поїздкою, впровадження систем контролю втоми водія
		Конфлікти з пасажирями		1	3	

Оцінка ризиків в управлінні автобусами

20

№ п/п	Ризик	Вразливість системи	Оцінка вір-ті	Тяжкість наслідків	Рівень ризику	Методика дії
13	Висока плинність персоналу	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	3	3	9	Розробка методики утримання висококваліфікованого персоналу
		Погіршення продуктивності		2	6	
14	Загрози ударів	Відмова від перевезення у зв'язку з відсутністю водія	1	3	3	Приннято
15	Низька кваліфікація персоналу	Ризик нещасного випадку	2	4	8	Оплата праці в залежності від кваліфікації
16	Конфлікт між співробітниками	Погіршення продуктивності	1	2	2	Приннято
IT-технології						
17	Збої в роботі комп'ютерів, збої в мережах зв'язку	Відсутність чіткої організації роботи та координації дій	2	3	6	Впровадження резервних систем
18	Несанкціонований доступ, втрата інформації		1	3	3	Приймається
Безпека						
19	Масові безлади	Відмовлено в перевезенні	1	3	3	Приймається
		Небезпека життя і здоров'я пасажирів		4	4	
20	Пожара в ТЗ	Відмовлено в перевезенні	1	3	3	Приймається
		Небезпека життя та здоров'я пасажирів		4	4	
21	Крадіжки, грабежі, підпали та інші злочинні дії	Небезпека життя та здоров'я пасажирів	1	4	4	Приймається
22	«Перегони» водіїв	Ризик нещасного випадку	4	4	16	Оплата праці водіїв в залежності від точності дотримання графіка і ПДР
23	Недотримання правил дорожнього руху	Ризик нещасного випадку	4	4	16	
Природа, екологія						
24	Погані погодні умови	Відмова в перевезенні	2	3	6	Свочасне розчищення від снігових заметів на дорогах
		Ризик нещасного випадку		4	8	
25	Негативний вплив на навколишнє середовище	Погіршення екологічної ситуації у місті	4	3	12	Підвищення лояльності населення до автобусів великої місткості Зменшення пробігу автомобіля Виявлення проблемних ділянок з маршрутів GPT

Ефективність запропонованого рішення розглядається з точки зору економії коштів на паливі - (питомі витрати на паливо можуть бути знижені з 9,32 грн. на пасажирів до 6,37 грн. на пасажирів в разі зменшення кількості транспортних засобів на маршрутах за рахунок використання транспортних засобів великої місткості,

Економія часу, витраченого на пересування - (конкретний час, проведений пасажиром в системі, може бути скорочено з 14,73 хвилин на прохід до 8,34 хвилин на пасажирів),

Екологічна ефективність - (добові викиди CO можна зменшити на 96,4 кг, NO_x – на 171,9 кг, C_xH_y – на 519,1 кг, сажі – на 638,3 кг).

Стійкість транспортної системи при реалізації запропонованого рішення може бути забезпечена за рахунок наближення показників маршрутної мережі до рекомендованих значень.

Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Тема роботи: Підвищення ефективності роботи комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» на автобусному маршруті сполученням Барське шосе – вулиця Лугова» місто Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 28,6 %

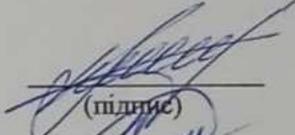
Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

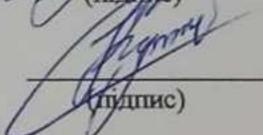
Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ

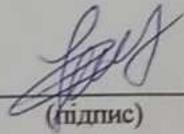
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

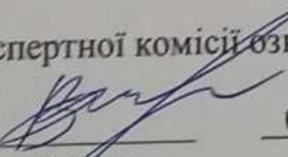
Особа, відповідальна за перевірку 

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

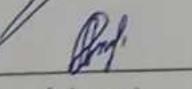
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 

(підпис)

Огневий В.О., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 

(підпис)

Ткачук А.С.

(прізвище, ініціали)