

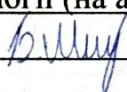
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті
маршрутного таксі 17А автобусами комунального підприємства «Вінницька
транспортна компанія»

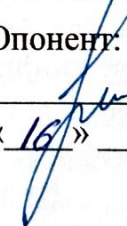
Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ТТ-23м
Спеціальності 275 – Транспортні технології
(за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

 Малицький Б.В.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ

 Кашканов А. А.
« 6 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н. доц. каф. ТАМ

 С. І. Цимбал
« 16 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 16 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 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 Нимбля С.В.

« 18 » 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Маліцькому Богдану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі 17А автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

керівник роботи Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор,
затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання студентом роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Характеристика виробничо-економічної діяльності та наявний рухомий склад підприємства; законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; характеристика транспортної та міської маршрутної мережі м. Вінниця, показники міського маршруту маршрутного таксі 17А; об'єкт дослідження – процес перевезення пасажирів мережею громадського транспорту міста на міському маршруті.

4. Зміст текстової частини:

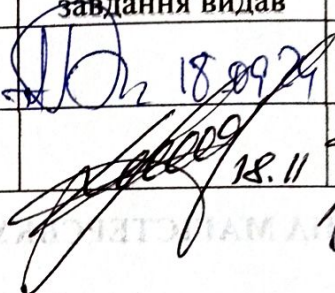
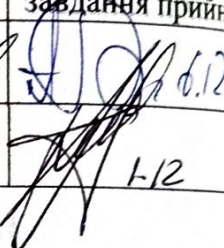
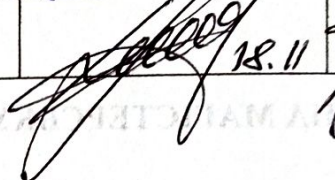
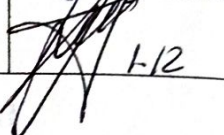
- 1 Аналіз діяльності КП «Вінницька транспортна компанія».
- 2 Екологічні та технічні аспекти і методи вдосконалення системи міського пасажирського транспорту та процесу перевезень пасажирів.
- 3 Аналіз експлуатації маршрутних таксі, характеристика маршруту №17а та вибір раціонального рухомого складу.
- 4 Визначення ефективності запропонованих рішень.

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

- 1,2 Тема, мета та завдання дослідження.
- 3,4 Загальна характеристика КП «ВТК».
- 5-7 Наявний рухомий склад.
- 8 Генеральний план муніципального автобусного парку

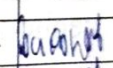
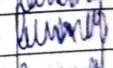
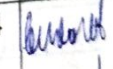
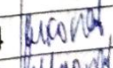
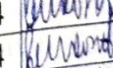
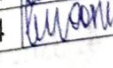
- 9-11 Мережа громадського транспорту м. Вінниця.
 12 Методи вдосконалення міських пасажирських перевезень.
 13 Критерії вибору раціонального рухомого складу.
 14 Схема алгоритму моделювання процесу вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста.
 15 Характеристика міського маршруту маршрутного таксі 17А Вул. Лугова — ТЦ «Метро».
 16-19 Характеристика альтернатив рухомого складу на маршруті №17А Вул. Лугова-Т «Метро».
 20 Результати визначення ефективності запропонованих рішень.
 21,22 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов А.А., професор кафедри АТМ	 18.09.24	 6.12.
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ	 18.11	 1-12

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	
10	Захист МКР	20.12-23.12.2024	

Студент

(підпис)

Маліцький Б.В.

Керівник роботи

(підпис)

Кашканов А.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13

Маліцький Б.В. Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі 17А автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Вінниця: ВНТУ, 2024. 109 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 46 назв; рис.: 31; табл. 20.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішується науково-практична задача, яка полягає у вдосконаленні процесу перевезення пасажирів на міському маршруті шляхом впровадження електричних автобусів, методів вибору транспортних засобів на міських маршрутах маршрутного таксі; виборі раціонального рухомого складу для міських пасажирських перевезень мережі громадського транспорту міста в м. Вінниця;

Графічна частина складається з 22 плакатів.

Ключові слова: пасажирські перевезення, автобус, маршрут, мережа громадського транспорту, електричний автобус, система міського пасажирського транспорту пасажиропотік.

ABSTRACT

UDC 656.13

Malitsky B.V. In detail the process of transporting passengers on the Moscow route of minibus 17A by buses of the municipal enterprise "Vinnytsia Transport Company". Master's qualification in specialty 275 – Transport technologies (by types), specialization 275.03 – Transport technologies (in road transport). Vinnytsia: VNTU, 2024. 109 p.

In Ukrainian movie Bibliography: 46 titles; Fig.: 31; table 20.

The master's qualification work is faced with a scientific and practical task, which lies in the thorough process of transporting passengers on the Moscow route, the introduction of electric buses, methods of choosing transport benefits on local minibus routes; selection of a rational dry warehouse for small passenger transport to a place in the city of Vinnytsia;

The graphic part consists of 22 posters.

Key words: passenger transportation, bus, route, public transport network, electric bus, public transport system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»	8
1.1 Загальна характеристика підприємства	8
1.2 Аналіз структурних підрозділів підприємства.....	14
1.3 Аналіз стану перевезень в місті та мережа громадського транспорту	23
1.4 Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2 ЕКОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ І МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ТА ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ	35
2.1 Перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця на базі впровадження електричних автобусів	35
2.2 Система міського пасажирського транспорту та методи вдосконалення процесу перевезень пасажирів.....	41
2.3 Маршрут, його техніко-експлуатаційні параметри роботи, маршрутна мережа та система міста.....	50
2.4 Математична модель вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста.....	66
2.5 Висновки до розділу 2	76
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАРШРУТНИХ ТАКСІ, ХАРАКТЕРИСТИКА МАРШРУТУ №17А ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	77
3.1 Аналіз типу і кількості маршрутних таксі, їх робота на маршрутах	77
3.2 Характеристика міського маршруту маршрутного таксі №17А м. Вінниці .	81
3.3 Вибір раціонального рухомого складу на маршруті № 17А	92
3.4 Оцінка економічного ефекту від запропонованих рішень.....	100
3.5 Висновки до розділу 3	102

ВИСНОВКИ.....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105
ДОДАТОК А (ОБОВ'ЯЗКОВИЙ) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	110
ДОДАТОК Б. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	132



ВСТУП

Актуальність теми. Дизельні автобуси все ще складають більшу частину громадського транспорту в містах по всьому світу. Такий вид транспорту створює величезні викиди та парникові гази, особливо в міському середовищі з високою щільністю населення це призводить до проблем зі здоров'ям через забруднення повітря. Перехід від дизельних до електричних автобусів принесе значні зміни в роботі транспорту та вплине на багато різних аспектів. Електрифікація транспортної системи принесе нові виклики для подолання, наприклад, більший тиск на мережу електромережі в місті. Це лише одна з багатьох речей, які змінять місто відповідно до вимог електробусів. Перехід від дизельного двигуна до електрифікації не означає заміну автобуса на інший, адже модифікується вся система перевезень. Впровадження нової технології впливає на все, від дизайну транспортного засобу до застосування автобусних зупинок, а також включає нові компоненти, які слід враховувати, наприклад інфраструктуру зарядних станцій. Крім того, це унікальна можливість змінити загальні принципи міського транспорту та покращити міський пейзаж, позначивши новий сучасний міський об'єкт.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету, являється невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з покращенням ефективності пасажирських перевезень, а також невід'ємно пов'язана з Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, в рамках якої є впровадження електричних автобусів (електробусів), що в свою чергу є частиною загальної політики декарбонізації транспорту. Стратегія спрямована на розвиток екологічно чистого транспорту, і електробуси відіграють ключову роль у зменшенні негативного впливу транспорту на

довкілля., передбачаючи перехід на види транспорту з низькими викидами CO₂, зокрема розвиток електробусів.

Мета і завдання дослідження. Мета даної роботи полягає в вдосконаленні процесу перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі шляхом впровадження електричних автобусів, скороченні викидів у місті та повільного позбавлення від викопного палива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати діяльність КП «Вінницька транспортна компанія» та стан перевезень у місті, в тому числі дослідити мережу громадського транспорту, включаючи аналіз роботи автобусів в режимі маршрутних таксі;
- дослідити методи вдосконалення перевезень та вибору транспортних засобів, а також критерії вибору рухомого складу для міських маршрутів;
- розробити алгоритм моделювання процесу вибору раціонального рухомого складу для роботи на маршруті міста;
- оцінити ефективність запропонованих рішень та розробити рекомендації для покращення екологічної безпеки у місті.

Об'єкт дослідження – процес перевезення пасажирів мережею громадського транспорту міста на міському маршруті.

Предмет дослідження – показники роботи автобусів у режимі маршрутного таксі та екологічні показники електричних автобусів при використанні альтернативних видів палива.

Новизна одержаних результатів.

Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті.

Розроблений алгоритм моделювання процесу вибору раціонального рухомого складу для роботи на маршруті міста.

Рекомендації по вибору раціонального рухомого складу маршруті №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» м. Вінниці.

Апробація результатів роботи. Частина результатів роботи була представлена та обговорена на міжнародній науково-практичній конференції до дня автомобіліста та дорожника "Сучасне автомобілебудування, автотехнічна експертиза, експлуатація автомобільного транспорту та підготовка фахівців галузі транспорт" (Харків: ХНАДУ, 2024).

Публікації. Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в одній публікації [1].



1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»

1.1 Загальна характеристика підприємства

Комунальне підприємство Вінницька транспортна компанія (КП «ВТК») є одним з основних постачальників громадського транспорту у місті Вінниця. Основними напрямками її діяльності є організація пасажирських перевезень тролейбусами, трамваями та автобусами (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Основний рухомий склад КП «ВТК»

Особливо примітним є трамвайний парк, адже Вінниця відома своєю трамвайною системою, завдяки співробітництву з містом Цюрихом (Швейцарія) отримала кілька десятків трамваїв (рис. 1.2), які використовує як більшу частину рухомого складу.



Рисунок 1.2 – Швейцарські трамваї

Це співробітництво привернуло увагу чимало європейських міст, і Вінниця стала прикладом ефективного використання транспортних ресурсів. Розташовується головна будівля (рис. 1.3) за адресою Хмельницьке шосе, 29. Вінницька транспортна компанія — одне з кращих підприємств міського електротранспорту України.



Рисунок 1.3 – Головна будівля КП «ВТК»

Вінницька транспортна система — це одна з найефективніших і найсучасніших міських транспортних мереж в Україні. Вона охоплює різні види громадського транспорту, які забезпечують надійне сполучення між районами міста та створюють комфортні умови для пересування мешканців і гостей Вінниці. Вінницька транспортна система була створена ще в середині XX століття і з того часу постійно розвивалася, її історія починається з 1913 року, коли перші сім вагонів німецького виробництва почали свій шлях вулицями міста. Вона не лише з'єднує райони, а й сприяє екологічному розвитку та підвищенню якості життя мешканців. Інвестиції у транспортну інфраструктуру, модернізація рухомого складу та впровадження новітніх технологій роблять Вінницю одним із лідерів у сфері міського транспорту в Україні.

Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» — це серце транспортної системи міста Вінниці, яке об'єднує всі види громадського транспорту: трамваї, тролейбуси, автобуси та маршрутні таксі. Завдяки злагодженій роботі підприємства мешканці міста мають змогу щоденно користуватися зручним, екологічним і сучасним транспортом, що робить Вінницю прикладом ефективної організації перевезень.

Нині КП «ВТК» – це потужне підприємство з загальною кількістю працюючих порядку 1700 чоловік, з необхідним технологічним обладнанням, базою служби енергогосподарства, автогосподарством, службою колії і кваліфікованими кадрами.

В управлінні (рис 1.4) виконується значний обсяг робіт з впровадження енергозберігаючих технологій. У Вінниці вперше в Україні розроблено та встановлено в усіх трамваях і частково на тролейбусах лічильники електроенергії постійного струму, здійснюється планування витрат на енергоресурси, що дає змогу щомісячно економити до 60 тис. гривень.



Рисунок 1.4 – Структура КП «Вінницька транспортна компанія»

В 2003-2004 роках підприємством впроваджено нові технології ремонту трамвайної колії на центральному мосту та по вул. Соборній, де змінено 2,1 км рейкового полотна по новітній чеській технології з використанням широкоплощинних плит та блокової рейки [2].

Вінницький тролейбус (рис 1.5) є також важливою складовою громадського транспорту та є основним видом громадського транспорту міста Вінниці. Його історія почалася понад півстоліття тому, і за цей час тролейбус став символом сталого розвитку міської інфраструктури. Тролейбусна мережа охоплює майже все місто – за винятком районів, забудованих переважно приватними будинками (загалом 22 маршрути). Ця система електричного транспорту функціонує з 18 лютого 1964 року і забезпечує перевезення пасажирів у межах міста. Станом на сьогодні Вінницький тролейбус продовжує розвиватися, враховуючи екологічні вимоги та транспортні потреби.

У 2019 році в тролейбусному депо був створений власний тролейбус - PTS-12 "VinLine" (рис 1.5 останній в першому ряді) 5 км, має 33 місця для сидіння, Wi-Fi . Електроустаткування для керування тяговим асинхронним двигуном тролейбуса надає компанія "Політехносервіс ", в 2020 році зібрано 2 тролейбуси PTS-12 "VinLine".



Рисунок 1.5 – Вінницькі тролейбуси

Після початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України у другій половині 2022 року, було організовано збирання нової модифікації тролейбусів "VinLine" на базі кузовів першої комплектності виробництва "Akia". Однак, до цього розглядалася пропозиція та велися переговори щодо закупівлі тролейбусів серії Барвінок Чернігівського автозаводу, але у вересні того ж року тролейбусне депо отримало частково зібраний кузов нового тролейбуса PTS-T12309. Як і попередня модифікація, тролейбуси T12309 обладнані подовженим автономним ходом (машини з бортовими номерами №055-№066). У листопаді перша машина цієї серії виїхала на маршрут. Протягом 2022 – 2023 років було введено в експлуатацію 10 тролейбусів цієї моделі [3].

З 2008 року до складу підприємства входить муніципальний автобусний парк, генеральний план якого зображено на рис. 1.6, який станом на сьогодні поповнений новими автобусами типу ЛАЗ, Богдан, Otokar, VDL Citea, Ataman та 1 електробус Skywell, також нещодавно у Вінниці вийшли на маршрути 6 автобусів MAN, вони з пробігом, 2018 року випуску, їздять на газу.

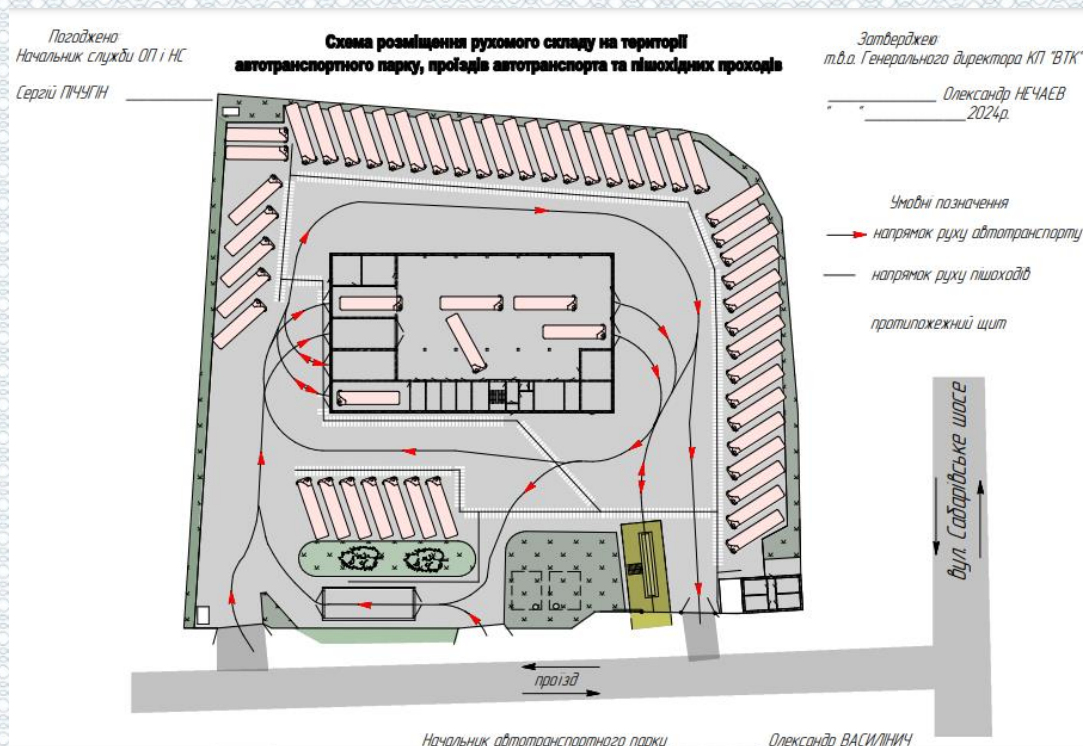


Рисунок 1.6 – Генеральний план муніципального автобусного парку



Рисунок 1.7 – Автобуси муніципального парку

Ще у 2010 році згідно рішення виконкому автопарк по вул. Сабарівське шосе, 19 було передано на баланс КП «Вінницька транспортна компанія». На той час об'єкт перебував в аварійному стані: ремонтна майстерня була вкрита наскрізними тріщинами, просаджені і підмиті фундаменти, дах і вікна пошкоджені, в непрацюючому стані – каналізація, водогін, система опалення, система вентиляції. Сама територія автопарку була захаращена, на більшій її частині не було навіть асфальтного покриття.

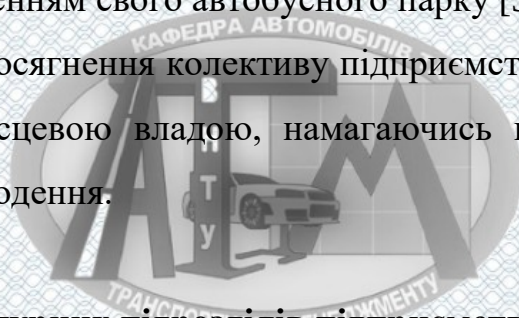
До 2012 року у автопарку проводилися проектно-вишукувальні роботи по укріпленню центральної ремонтної майстерні, а також проектні роботи по переплануванню і адаптації парку для обслуговування пасажирських автобусів з розрахунку на 60 одиниць та 20 одиниць автотракторної техніки [4].

Транспорту реформу Вінниця розпочала ще у 2012 році, транспорт тоді там працював хаотично. Місцева влада вирішила скоротити транспорт приватних

перевізників майже на 50%, надавши перевагу муніципальному транспорту - тролейбусам та трамваям. Але згодом влада дійшла до висновку, що місту необхідний власний муніципальний автобусний парк, так у 2008 році Вінничинна створила власний комунальний автобусний парк.

Ще з часів, коли мером Вінниці був Володимир Гройсман, у 2012 році стартувала досить серйозна реформа муніципального транспорту. Все розпочалося зі швейцарських трамваїв, яких отримали 116 вагонів. Потім було закуплено 30 нових автобусів, 40 нових тролейбусів та досить суттєво збільшився парк рухомого складу муніципального транспорту. Але час не стоїть на місці, Вінницька транспортна компанія і далі буде працювати над розширенням свого автобусного парку [5].

Це тільки деякі досягнення колективу підприємства, керівництво якого працює в тісному контакті з місцевою владою, намагаючись крокувати в ногу з часом, та враховуючи реалії сьогодення.



1.2 Аналіз структурних підрозділів підприємства

До складу підприємства входить:

- трамвайне депо,
- тролейбусне депо,
- автобусний парк,
- служба енергогосподарства,
- служба колії.

Трамвайне депо

Має великі криті та відкриті майданчики для паркування трамваїв. Тут зберігаються трамваї після завершення робочих змін або під час технічних оглядів. Кожен трамвай має своє призначене місце, щоб забезпечити швидкий доступ до нього в разі необхідності.

Трамваї перед виходом на лінію обов'язково проходять перевірку технічного стану. Фахівці служби огляду контролюють стан трамваїв, перевіряють гальма, електричні системи, підвіску та інші критичні компоненти.

У депо є спеціальні цехи для миття трамваїв, де регулярно здійснюється очищення вагонів після їхньої експлуатації. Також існують зони для дезінфекції, що забезпечує санітарну безпеку як для пасажирів, так і для персоналу.

Адміністративний комплекс трамвайного депо включає приміщення для диспетчерських служб, інженерів, технічного персоналу та керівництва депо. Диспетчерські служби відповідають за координацію руху трамваїв на лінії, планування маршрутів і графіків.

Трамвайне депо обладнане сучасними системами диспетчеризації, які дозволяють відстежувати рух трамваїв у реальному часі, планувати маршрути та контролювати дотримання графіку. Це забезпечує ефективне управління транспортом та швидке реагування на зміни або аварійні ситуації.

Трамвайна мережа складає 44,4 км, з яких 20 км на відокремленому полотні.

1. В депо трамваям проводяться наступні види ремонтів і технічні обслуговування:

- капітальні ремонти ;
- капітально-відновлювальні ремонти з продовженням терміну експлуатації;
- середні ремонти ;
- ТО2 ;
- ТО1 ;
- ЩО (щоденний огляд) після заїзду в депо;

2. Крім того, депо на власній ремонтній базі створено цех , що виконує капітально-відновлювальні роботи рухомому складу, що відслужив нормативний термін експлуатації, модернізацію систем керування двигунами і переобладнання трамвайних вагонів з влаштуванням кузова трамвая з пониженим рівнем підлоги. Розроблено

конструкторсько-технологічну документацію, захищену Патентами, технологію проведення робіт, набуто досвід виконання подібних робіт.

3. В депо трамваям проводяться всі необхідні види ремонтів і технічного обслуговування, а також до 80% власно виготовлених і відремонтованих запасних частин і агрегатів.

Тролейбусне депо

1. Виробнича база складається з цеху планових ремонтів, цеху технічного обслуговування, ремонтно-механічного цеху, електроцеху, шинного цеху, пневматичної дільниці і акумуляторної.

2. В депо тролейбусам проводяться всі необхідні види ремонтів і технічного обслуговування, а також до 80% власно виготовлених і відремонтованих запасних частин і агрегатів.

5. З 2012 по 2017 рік було проведено капітально-відновлювальні ремонти 120 од. тролейбусам з продовження терміну експлуатації.

6. У 2019-2023 роках на базі тролейбусного депо виготовлено дослідну партію тролейбусів PTS-12 «Вінлайн» з повністю низьким рівнем підлоги, пристосований для перевезення осіб з інвалідністю і автономним ходом до 5 км.

7. Зарядні станції для електротранспорту (перспективна інфраструктура)

З розвитком екологічного транспорту ВТК планує побудувати станції зарядки для електробусів. Ці станції будуть включати як стаціонарні зарядні пристрої на території автобусного парку, так і можливості для швидкої зарядки під час маршрутів.

8. Електробуси (перспективна категорія): Вінниця планує закупівлю електробусів, які забезпечать безшумне і безвикидне пересування містом. Це стратегічний крок у напрямку розвитку екологічного транспорту.

Автобусний парк

Складається з різних типів автобусів, зокрема:

- Дизельні автобуси: традиційні автобуси на дизельному паливі. Вони використовуються на багатьох маршрутах, але поступово замінюються більш екологічними альтернативами.

- Екологічно чисті автобуси: автобуси, що відповідають сучасним європейським стандартам щодо викидів, зокрема класифікаціям "Євро 5" та "Євро 6". ВТК активно працює над зменшенням частки дизельних автобусів у своєму парку, впроваджуючи нові екологічні рішення.

Включає комплекс об'єктів і структур, які забезпечують повноцінну експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт автобусів. Автобусний парк є важливим елементом і складається з кількох основних підрозділів.

Основні складові автобусного парку:

1. Територія автобусного парку

Автобусний парк розташований на великій території, яка включає:

- стоянкові майданчики: спеціально відведені площі для стоянки автобусів у неробочі години, тут автобуси перебувають між змінами та після завершення маршрутів.
- території для технічного обслуговування і миття автобусів: окремі зони, де проводяться процедури миття, чищення та дезінфекції транспортних засобів після кожної зміни або за потреби.

2. Ремонтні цехи

Це спеціальні приміщення, де здійснюються всі види технічного обслуговування і ремонту автобусів. Ремонтні цехи поділяються на кілька спеціалізованих відділів:

- цехи для дрібного та середнього ремонту: тут проводяться регулярні огляди, дрібний ремонт вузлів і агрегатів, заміна витратних матеріалів, таких як фільтри, мастила, гальмівні колодки.
- цехи для капітального ремонту: коли автобус потребує значного ремонту, його відправляють у цех капітального ремонту, де проводяться складніші роботи, такі як ремонт двигунів, ходової частини або електричних систем.

- слюсарні майстерні: обладнані для дрібного ремонту деталей і вузлів автобусів, таких як заміна дверей, ремонт сидінь, монтаж електропроводки тощо.

3. Складські приміщення

Автобусний парк має власні склади запчастин і витратних матеріалів, де зберігаються необхідні компоненти для ремонту та обслуговування транспортних засобів. Це забезпечує оперативне реагування на несправності та дозволяє швидко здійснювати ремонти без затримок.

4. Мийки та зони дезінфекції

Усі автобуси перед виходом на маршрути повинні пройти процедуру миття та дезінфекції. Спеціальні мийки обладнані для очищення кузова автобусів, а зони дезінфекції забезпечують санітарну безпеку транспорту.

5. Пункти контролю технічного стану

Перед кожним виїздом на маршрут автобуси проходять обов'язкову перевірку технічного стану. Ці перевірки здійснюються у спеціально відведених місцях, де фахівці оцінюють готовність транспорту до експлуатації (перевіряються гальма, шини, освітлення та інші критичні системи).

Специфіка роботи автобусного парку:

- координація робочих змін: автобуси паркуються на ніч і проходять перевірки та технічне обслуговування перед виходом на маршрут.
- цілодобова робота ремонтних служб: деякі ремонтні цехи можуть працювати в режимі 24/7 для швидкого усунення несправностей і підготовки автобусів до наступного робочого дня.

Служба енергогосподарства

Є важливим підрозділом, відповідальним за забезпечення електропостачання та безперебійної роботи електричних систем, які використовуються для руху трамваїв і тролейбусів. Основне завдання служби — підтримка контактної мережі, трансформаторних підстанцій та інших енергетичних систем, необхідних для функціонування електротранспорту.

Основні функції та складові служби енергогосподарства:

1. Контактна мережа

Цей підрозділ займається монтажем, обслуговуванням і ремонтом контактної мережі, по якій трамваї та тролейбуси отримують електроенергію для руху. В їх обов'язки входить:

- інспекція контактної мережі: регулярний огляд для виявлення зношених або пошкоджених елементів, таких як дроти, ізолятори, тримачі та інші компоненти.
- ремонт і заміна компонентів: оперативне усунення несправностей та заміна зношених або пошкоджених частин мережі.
- монтаж нових ділянок мережі: встановлення контактних ліній на нових маршрутах або розширення існуючої мережі для оптимізації руху електротранспорту.

2. Трансформаторні підстанції

Служба енергогосподарства відповідає за обслуговування та експлуатацію трансформаторних підстанцій, які забезпечують перетворення та передачу електроенергії до контактної мережі. основні завдання:

- технічне обслуговування підстанцій: регулярна перевірка та ремонт обладнання підстанцій, включаючи трансформатори, розподільні щити та інші електричні компоненти.
- контроль якості електропостачання: забезпечення стабільної та безперебійної подачі електроенергії до контактної мережі для забезпечення постійного руху трамваїв і тролейбусів.

3. Електричні підстанції

Служба також управляє електричними підстанціями, які підтримують роботу рухомого складу, забезпечуючи стабільне енергопостачання. Це включає:

- перетворення напруги: підстанції перетворюють високовольтну електроенергію на нижчу напругу, яка підходить для живлення трамваїв і тролейбусів.

- постійний моніторинг та обслуговування: служба постійно відстежує стан обладнання підстанцій та проводить профілактичні ремонти, щоб уникнути збоїв у подачі електроенергії.

4. Енергозберігаючі технології

Служба енергогосподарства активно впроваджує енергозберігаючі технології, спрямовані на зниження витрат енергії і підвищення ефективності роботи транспорту. До таких технологій належать:

- системи рекуперації енергії: тролейбуси і трамваї можуть повертати частину спожитої енергії до мережі під час гальмування, що дозволяє знижувати загальне енергоспоживання.

- оптимізація роботи підстанцій: оновлення обладнання підстанцій для більш ефективного використання енергії, що дозволяє зменшити втрати під час її передачі.

Виготовлення тролейбусів і трамваїв на потужностях КП «ВТК» дає можливість зберегти висококваліфікованих ІТП і ремонтних працівників, забезпечити їх гідною зарплатою, а також оновлювати технічну базу підприємства сучасними технологіями.

5. Автоматизовані системи контролю та моніторингу

Сучасні автоматизовані системи контролю дозволяють оперативно відслідковувати роботу енергетичних систем у реальному часі:

- моніторинг стану мережі: виявлення проблем або пошкоджень у контактній мережі та підстанціях ще до того, як вони можуть спричинити серйозні збої.

- автоматичне відключення: системи захисту, що автоматично відключають живлення в разі короткого замикання або перевантаження.

6. Мобільні ремонтні бригади

Для оперативного усунення несправностей служба енергогосподарства має мобільні бригади, які реагують на аварійні ситуації. Ці бригади можуть швидко відновити пошкоджені ділянки контактної мережі або обладнання підстанцій, щоб мінімізувати затримки в русі транспорту.

Служба енергогосподарства забезпечує обслуговування:

1. 172 км контактної мережі тролейбуса ,
2. 44,4 км контактної мережі трамвая,
3. 288 спецчастин контактної мережі (стрілки , перетини)
4. 20 тягових підстанцій загальною потужністю 48845 кВА,
5. 41 км кабельних мереж 10 кВ,
6. 93 км мереж живлення $\pm 600\text{В}$.
7. Силами служби проводиться капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування всіх енергетичних мереж і тягових підстанцій

Служба колії

Відповідає за технічне обслуговування, ремонт і модернізацію трамвайних шляхів. Вона відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та надійності трамвайного руху, оскільки стан колій безпосередньо впливає на комфорт пасажирів, швидкість і безпеку перевезень.

Основні функції та складові служби колії:

1. Монтаж та обслуговування трамвайних колій

Ця служба здійснює будівництво та ремонт трамвайних шляхів, а також підтримує їх у належному стані. Серед основних завдань:

- будівництво нових колій: прокладка трамвайних ліній для нових маршрутів або розширення існуючих.
- регулярне технічне обслуговування: перевірка стану рейок, шпал і кріплень, проведення профілактичних робіт для запобігання зносу.
- ремонт колій: заміна зношених ділянок рейок, шпал або інших компонентів колійної інфраструктури.

2. Ремонтно-колійні бригади

Служба колії має мобільні ремонтні бригади, які оперативно реагують на несправності або аварійні ситуації. Вони проводять:

- аварійний ремонт: усунення поломок або пошкоджень колій після аварій або в разі виникнення критичних дефектів.

- планові ремонти: заміна або ремонт пошкоджених ділянок колії в рамках профілактичних робіт.

3. Технічна інспекція колій

Один з ключових аспектів роботи служби колії — це регулярні інспекції, що включають:

- візуальний огляд: щоденний моніторинг стану рейок, шпал та інших елементів колійної інфраструктури.
- спеціалізовані вимірювання: використання спеціального обладнання для перевірки геометрії колій, що дозволяє виявляти будь-які деформації або зсуви.
- оцінка зносу рейок: вимірювання ступеня зношеності рейкових шляхів для своєчасної їхньої заміни.

4. Модернізація колійної інфраструктури

Окрім ремонту, служба колії займається модернізацією існуючих трамвайних шляхів для покращення їхньої пропускної спроможності та надійності:

- використання нових матеріалів: впровадження нових типів рейок, шпал та кріплень, які мають більшу довговічність і стійкість до зносу.
- поліпшення системи шумозахисту: встановлення спеціальних систем для зменшення шуму від руху трамваїв на певних ділянках колії, особливо в житлових районах.

5. Утримання колій у зимовий період

Особливою частиною роботи служби є обслуговування колій у зимовий період. Для цього передбачені:

- снігоочисна техніка: використання спеціальних вагонів і обладнання для очищення колій від снігу та льоду.
- засоби для боротьби з обмерзанням: хімічні реагенти або нагрівальні елементи для підтримки рейок у належному стані навіть у морозні дні.

6. Контроль та управління стрілочними переводами

Служба колії відповідає за технічне обслуговування стрілочних переводів - механізмів, що дозволяють змінювати напрямок руху трамваїв на перехрестях та розв'язках. Це включає:

- регулярну перевірку стрілок: технічний огляд та змащення механізмів для їх плавного функціонування.
- ремонт або заміна стрілок: оперативна заміна несправних механізмів у разі поломок або зносу.

Забезпечує поточне утримання 44,4 км трамвайної колії та 145 спецчастин колії (стрілки, перетини). Наявна виробнича база (автотракторна техніка та інші механізми) дозволяє проводити необхідний об'єм капітального та поточного ремонту колії.

Нормальна робота трамваїв і тролейбусів на лінії забезпечується завдяки потужній ремонтній базі, яка дозволяє власними зусиллями виконувати всі види ремонтів рухомого складу, освоювати сучасні технології реставрації агрегатів, виготовляти та реставрувати власними силами більш як 750 видів запасних частин. Технічна база КП "ВТК" є однією з кращих в Україні серед споріднених підприємств.

1.3 Аналіз стану перевезень в місті та мережа громадського транспорту

На 2024 рік Вінницька транспортна компанія залишається одним із ключових постачальників громадських перевезень у місті Вінниці та продовжує грати важливу роль у забезпеченні громадського транспорту міста, обслуговуючи тисячі пасажирів щоденно та забезпечуючи стабільне функціонування трамвайних, тролейбусних та автобусних маршрутів. Однак аналіз роботи компанії виявляє як сильні сторони, так і виклики, які потребують уваги для підвищення ефективності та задоволення пасажирів.

Враховуючи те, що приватний транспорт дублював комунальний транспорт, місцева влада прибрала з центральних вулиць приватний транспорт, залишивши лише 40% перевізників, натомість надали перевагу комунальному транспорту, великогабаритним тролейбусам та трамваям. Що дало змогу суттєво розвантажити

центральні вулиці міста, запустити великі автобуси та збільшити інтервал руху що призвело до зменшення транспорту на центральних магістралях міста. З того часу майже 80% перевезень здійснює комунальне підприємство міста, а не приватні перевізники, що повноцінно наповнює міський бюджет та створює нові робочі місця з гідними зарплатами, умовами праці та виводить підприємство з боргів на успішний рівень. На даний час комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" має 133 тролейбуси, 74 трамваї та 65 автобусів.

Мережа громадського транспорту Вінниці є однією з найбільш розгалужених та добре організованих в Україні, водночас вважається однією з ключових складових міської інфраструктури, що забезпечує доступність різних районів міста та зручність пересування для його мешканців, вона охоплює більшість житлових районів. Транспортна мережа побудована таким чином, що пасажирів мають можливість користуватися громадським транспортом як для коротких поїздок, так і для довготривалих маршрутів [6].

З роками транспортна система постійно вдосконалювалася, враховуючи як вимоги пасажирів, так і потреби сучасного міста. На сьогодні вона являє собою добре розвинену мережу, яка поєднує в собі три основні види транспорту: трамваї, тролейбуси та автобуси, які забезпечують перевезення пасажирів у місті та обслуговуються Вінницькою транспортною компанією. Кожен з них відіграє свою унікальну роль у забезпеченні комфортного пересування, доповнюючи один одного та утворюючи злагоджену систему, яка ефективно обслуговує мешканців і гостей міста.

ВТК обслуговує значну частину міських пасажиропотоків. Мережа громадського транспорту (рис. 1.8) включає:

- 6 трамвайних маршрутів (74 трамваї);
- 22 тролейбусні маршрутів (133 тролейбуси);
- 20 автобусних маршрутів (65 автобусів);
- 28 маршрутів маршрутних таксі (280 автобусів).

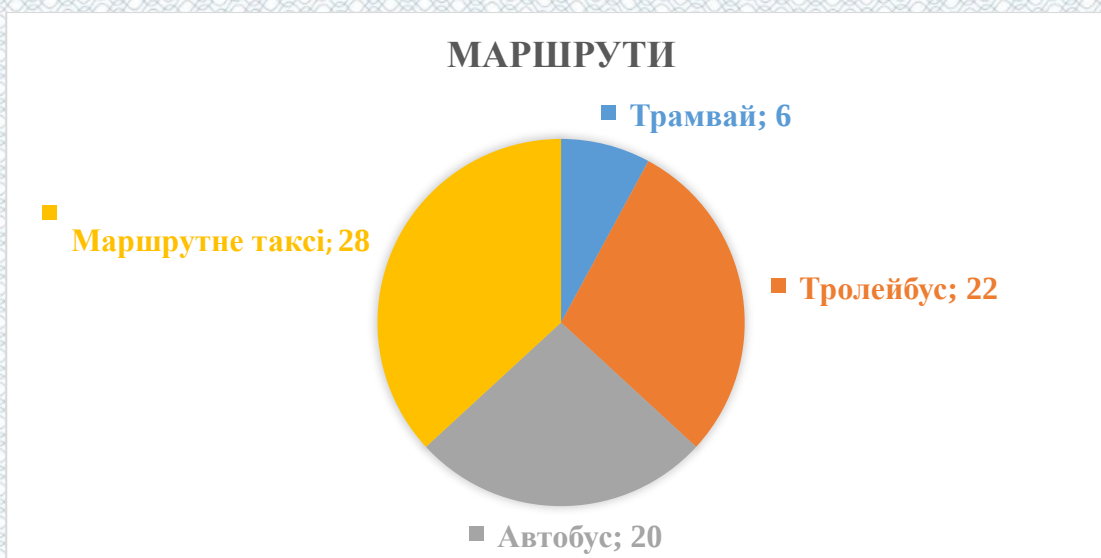


Рисунок 1.8 – Розподіл маршрутів за видами рухомого складу



Рисунок 1.9 – Логотип громадського транспорту, який розміщений на кузові транспортного засобу та позначає його належність до мережі громадського транспорту міста

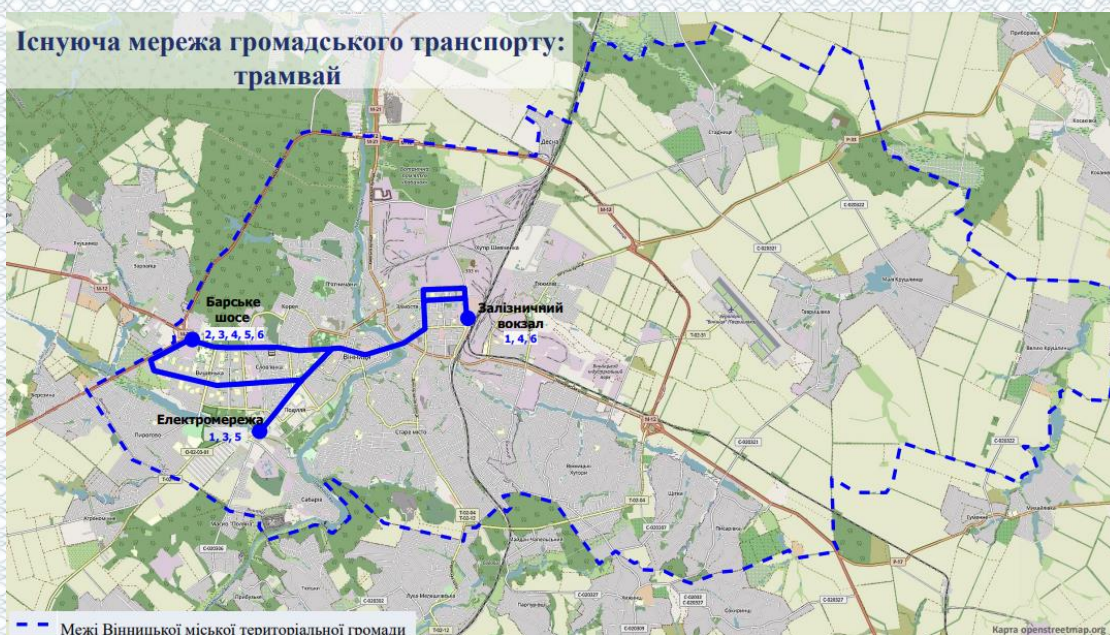


Рисунок 1.10 – Мережа трамвайних маршрутів

Таблиця 1.1 – Маршрути трамваїв

Маршрут	Пасажиро- місткість, пас.	Кількість на маршруті, од.	Інтервал руху в години пік, хв	Довжина маршруту (км)
№1 «Залізничний вокзал – Електромережа»	125-165	11	5-7	8,78
№2 «Барське шосе – Вишенька»	106-165	3	15-20	10,41
№3 «Вишенька – Електромережа»	106-165	3	25	7,80
№4 «Барське шосе - Залізничний вокзал»	165-300	25	3-5	9,83
№5 «Барське шосе – Електромережа»	165	8	8-10	7,51
№6 «Залізничний вокзал – Вишенька»	125-165	16	4-10	12,09
Всього		66		



Рисунок 1.11 – Мережа тролейбусних маршрутів

Таблиця 1.2 – Маршрути тролейбусів

Маршрут	Пасажиро- місткість, пас.	Кількість на маршруті, од.	Інтервал руху в години пік, хв	Довжина маршруту (км)
1	2	3	4	5
№1 «Лугова – ВПЗ»	88-126	4	21-48	14,42
№2 «Водоканал – Гетьмана Мазепи»	88-126	3	17-35	7,88
№3 «Вишенька – ВПЗ»	88-126	17	6-7	13,41
№4 «Вишенька – Лугова»	88-126	11	10-11	13,67
№5 «Залізничний вокзал – Вишенька»	88-126	18	4-5	9,28
№6 «Водоканал – Залізничний вокзал»	88-126	6	12-13	6,25
№7 «Залізничний вокзал – В'їзничина-Авто»	88-126	7	10-11	7,29
№8 «Вишенька – Водоканал»	88-126	0	-	10,02
№9 «Водоканал – Князів Коріатовичів»	88-126	4	17-18	8,60
№10 «Вишенька – Гетьмана Мазепи»	88-126	11	8-9	11,29
№11 «Залізничний вокзал – Князів Коріатовичів»	88-126	5	11-16	6,95

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5
№12 «Аграрний університет – Гетьмана Мазепи»	88-126	3	18-42	10,93
№13 «Водоканал – Аграрний університет»	88-126	5	16-17	9,50
№14 «Залізничний вокзал – Аграрний університет»	88-126	3	27-29	9,28
№15 «Вишенька – Муніципальний ринок»	88-126	4	14-26	10,13
№16 «Вишенька – Муніципальний ринок - ВПЗ»	88-126	1	102	13,33
№17 «Залізничний вокзал – мікрорайон «Академічний»	88-126	3	20-45	8,8
№18 «Залізничний вокзал – Вул. Юзвинська – Вишенька»	88-126	4	28-50	16,48
№19 «Гніванське шосе — Немирівське шосе (Писарівка)»	88-126	3	26-52	17,94
№20 «Вишенька – Хутір Шевченка»	88-126	1	117	12,8
№21 «ВПЗ - Залізничний вокзал»	88-126	0	-	7,60
№22 «Вишенька – Водоканал – Селище Десна»	88-126	2	30-90	15,7
Всього		115		

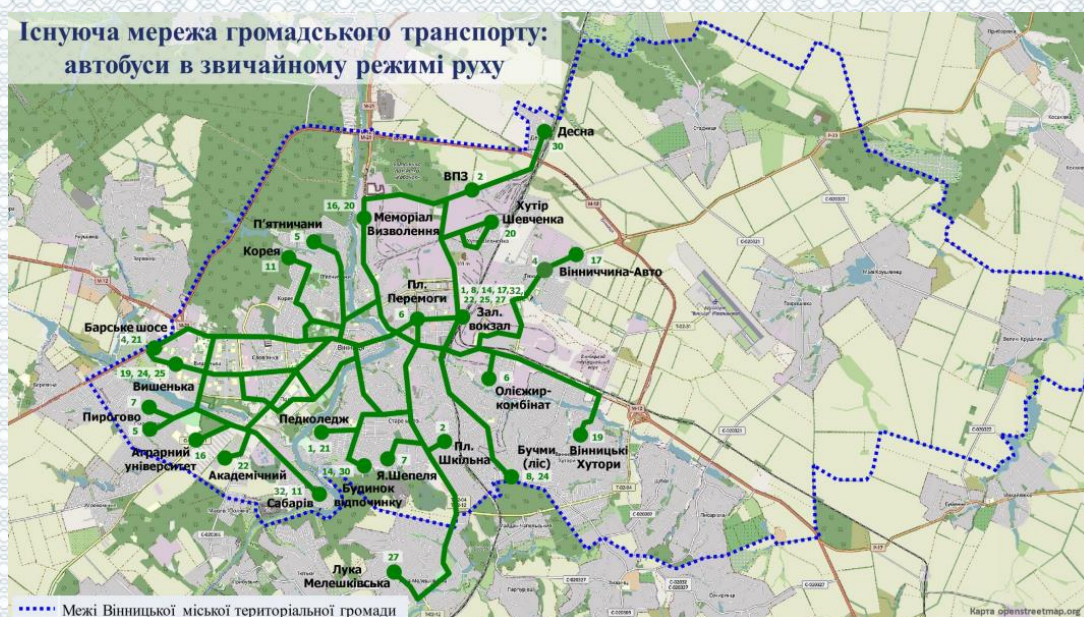


Рисунок 1.12 – Мережа автобусних маршрутів

Таблиця 1.3 – Маршрути автобусів в звичайному режимі руху

Маршрут	Пасажиро- місткість, пас.	Кількість на маршруті, од.	Інтервал руху в години пік, хв	Довжина маршруту (км)
1	2	3	4	5
№1 «Залізничний вокзал – Педколедж»	100-106	5	11-22	7,5
№2 «Вул. Сергія Зулінського – Площа Шкільна»	100-106	2	42-49	10,5
№4 «Барське шосе — Вул. Лугова»	100-106	3	35	15
№5 «П'ятничани – Вул. Комарова»	100-106	2	30-60	10,2
№6 «Олієжиркомбінат – Пл. Перемоги»	52	2	27	4,5
№7 «Вул. Якова Шепеля – Пирогово»	100-106	6	15-30	14,05
№8 «Залізничний вокзал – Вул. Бучми (ліс)»	100-106	2	30	5,6
№11 «Вул. Ботанічна – Сабарів»	100-106	3	26-35	10,7
№14 «Залізничний вокзал – Дитячий санаторій»	100-106	2	32-33	7,6
№16 «Водоканал – Барське шосе – Аграрний університет»	52	2	55-66	15,3
№17 «Залізничний вокзал — Тяжилів (Вінниччина-Авто)»	52	0	50	7,2
№19 «Вишенька – Вінницькі Хутори»	82-106	6	22-23	14,5
№20 «Водоканал – Хутір Шевченка»	100-106	1	60	10,3
№21 «Барське шосе – Педколедж»	100-106	6	12-25	12,0
№22 «Залізничний вокзал – Мікрорайон «Академічний»	52	3	25-40	9,8
№24 «Вишенька – Вул. Бучми (ліс)»	82-106	5	20-22	13,3
№25 «Вишенька – Залізничний вокзал»	100-106	5	20	9,2
№27 «Залізничний вокзал – Тиврівське шосе»	100-106	2	38-40	12,0
№30 «Дитячий санаторій – смт Десна»	100-106	2	60	16,4
№32 «Залізничний вокзал — Сабарів»	100-106	4	20-44	11,4
Всього		63		



Рисунок 1.13 – Мережа маршрутів маршрутних таксі

Таблиця 1.4 – Маршрути автобусів в режимі маршрутного таксі

Маршрут	Пасажиро- місткість, пас.	Кількість на маршруті, од.	Інтервал руху в години пік, хв	Довжина маршруту (км)
1	2	3	4	5
№1А «Пл. Перемоги – Педколедж»	18	4	8-20	5,8
№2А «Пл. Перемоги – Вул. Якова Шепеля»	18	4	8-15	5,4
№2Б «Пл. Шкільна – смт. Десна»	18	15	8-30	12,9
№3А «1-й пров. Київський – Гонти – Північна»	18	12	7-15	12,6
№3Б «Пл. Наливайка – Тяжилів (Вінничина –Авто)»	18	8	8-20	11,0
№5А «П'ятничани – с. Шкуринці»	18	8	9-20	11,4
№7А «Вул. Якова Шепеля – Ринок «Урожай»	18	3	20-25	7,5
№8А «МІПМ «Зоря» – с. Вінницькі Хутори (вул. Зелена)»	45	10	8-20	10,5
№8Б «Вул. Бучми – П'ятничани»	18	11	7-15	12,9
№9А «Залізничний вокзал – Хутір Шевченка»	45	2	10-40	5,8
№10А «Корея – с. Агрономічне»	18	12	10-20	15,2
№11Б «Корея – Пирогово – Барське шосе (Садове)»	18	4	20	10,8

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5
№12А «Західний автовокзал – Сабарів»	18	6	8-15	8,0
№14А «Пл. Перемоги – Дитячий санаторій»	18	4	8-20	7,5
№16А «Вінницяоблводоканал – Барське шосе (Медмістечко)»	45	12	8-20	14,5
№17А «Вул. Лугова – ТЦ «Метро»	18	15	5-20	15,5
№18А «Західний автовокзал – Пирогово – Аграрний університет»	18	7	15-20	8,8
№19А «Центральний автовокзал – с. Вінницькі Хутори (вул. Покровська)»	45	2	10-48	10,1
№19Б «Центральний автовокзал – с. Вінницькі Хутори (вул. Незалежності)»	45	2	80-161	11,1
№20А «Вул. Сергія Зулінського – Тяжیلів (вул. Лугова)»	45	15	10-15	17,4
№21А «Педколедж – Ринок «Урожай»	18	7	10-15	6,5
№22А «Лікарня ім. Юценка – Залізничний вокзал»	18	8	8-20	6,4
№23А «Вул. Андрія Первозванного – Залізничний вокзал»	18	15	10-15	12,6
№28А «Вінницяоблводоканал (адмінбудівля) – Вишенька»	45	9	10-20	10,0
№29А «Пирогово – Залізничний вокзал»	45	8	20-25	12,8
№30А «Центральний автовокзал – с. Щітки»	45	2	30	14,1
№30Б «Центральний автовокзал – с. Писарівка»	45	2	30-53	14,7
№31А «Корея – Залізничний вокзал»	45	2	30-40	7,5
Всього		209		

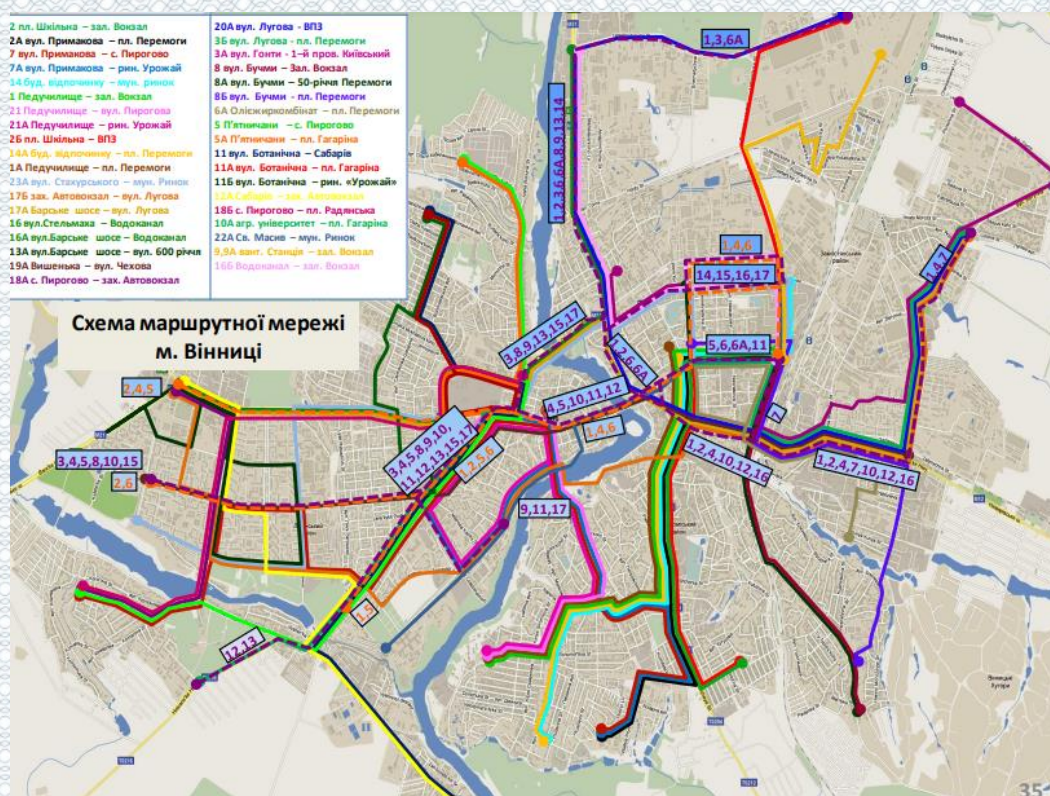


Рисунок 1.14 – Загальна схема маршрутної мережі м. Вінниці

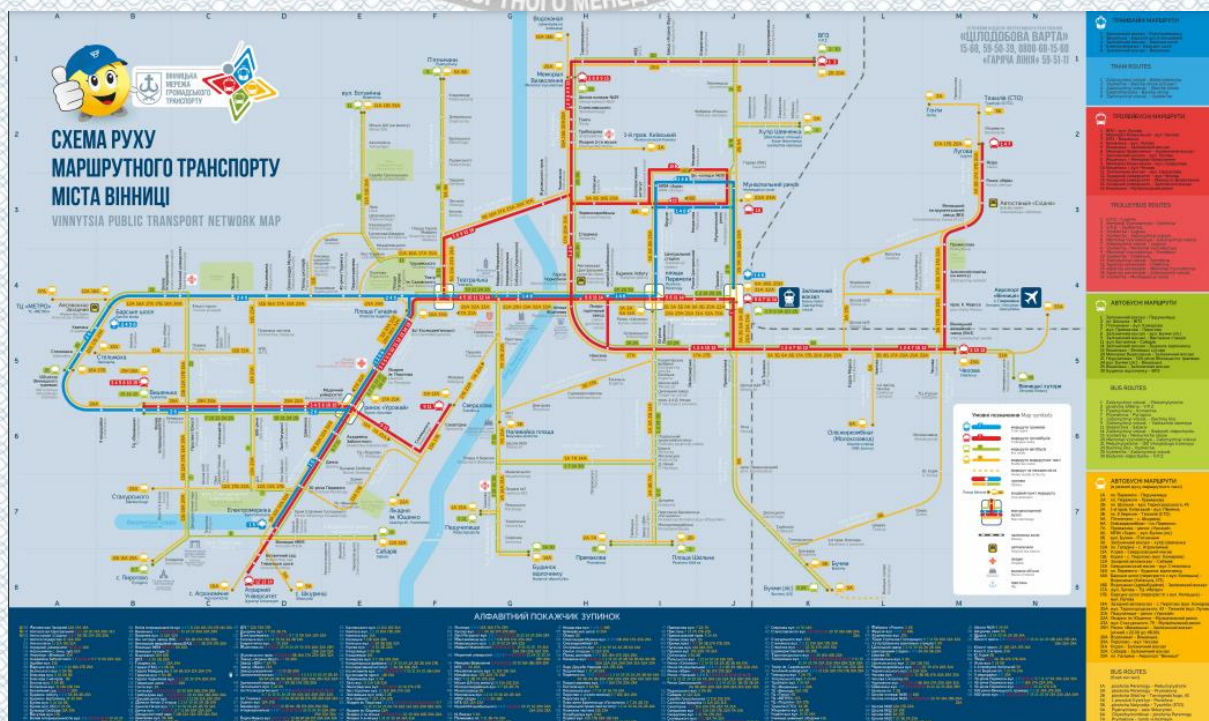


Рисунок 1.15 – Схема руху маршрутного транспорту Вінницької міської територіальної громади

1.4 Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз організаційної структури та діяльності КП «Вінницька транспортна компанія», що дозволило визначити ключові напрямки роботи підприємства.

2. Досліджено роль муніципального автобусного парку у забезпеченні ефективної роботи міського пасажирського транспорту. Встановлено, що стан рухомого складу, його регулярне оновлення та застосування новітніх технологій вдосконалення перевезення пасажирів є важливими факторами для підвищення якості перевезень та зниження впливу транспорту на довкілля.

3. Проаналізовано маршрутну мережу міста як ключовий компонент транспортної системи, яка має бути адаптованою до змін у структурі пасажиропотоків, урбанізації та розвитку інфраструктури.

3. Здійснено аналіз стану пасажирських перевезень у Вінниці та сформовано уявлення про поточну маршрутну мережу міста. Отримані дані дозволяють оцінити ефективність роботи підприємства та ідентифікувати напрямки вдосконалення транспортної системи.

Головною метою цього розділу є аналіз діяльності КП «Вінницька транспортна компанія» для ідентифікації ключових аспектів, які впливають на ефективність перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі 17А. Для досягнення цієї мети передбачено:

- дослідити методи вдосконалення перевезень та вибору транспортних засобів, а також критерії вибору рухомого складу для міських маршрутів;
- розробити алгоритм моделювання процесу вибору раціонального рухомого складу для роботи на маршруті міста;

- оцінити ефективність запропонованих рішень та розробити рекомендації для покращення екологічної безпеки у місті.

Отримані результати створюють основу для подальшого розгляду можливостей впровадження сучасних автобусів, зокрема електричних, що дозволить підвищити якість, комфортність та екологічність перевезень на маршруті 17А у Вінниці.



2 ЕКОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ І МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ТА ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ

2.1 Перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця на базі впровадження електричних автобусів

Проблема забруднення повітря в українських містах продовжує загострюватися, тому її потрібно вирішувати негайно. Найбільш дієвим способом покращення екологічної ситуації в містах є перехід на електричний транспорт – електричні автобуси (електробуси).

В Україні даний напрям електрифікації є перспективним та стратегічним, оскільки у Міністерстві інфраструктури розробили покроковий план впровадження в Україні екологічного транспорту в рамках Національної транспортної стратегії до 2030 року [7]. Впровадження електробусів допоможе мінімізувати забруднення повітря, зменшивши викиди парникових газів в атмосферу та зниження рівня шкідливих викидів.

Сучасне виробництво та продаж електротранспорту в Європі та Україні набули значного розвитку. Особливу увагу варто звернути на перспективи впровадження електробусів, які замінять двигуни внутрішнього згоряння на електричні для покращення екологічної ситуації в містах. До 2040 року очікується, що 80% міських перевезень у країнах Європейського Союзу здійснюватимуться електробусами, і ця тенденція поступово впроваджується в Україні. З огляду на потенціал електробусів, необхідно глибше дослідити їх конструктивні особливості та можливості експлуатації в міських умовах.

Дослідження електричних транспортних засобів показали, що перехід до екологічно чистого транспорту без шкідливих викидів є ефективним способом зменшення залежності від нафти та газу. Використання акумуляторних батарей дозволяє інтегрувати їх із двигунами внутрішнього згоряння або повністю перейти на електричну тягу. Сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном активно досліджують питання електротранспорту. Серед них: Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатов А. В., Аргун І.В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В. та багато інших.

Транспортні викиди є однією з основних причин забруднення повітря у містах [8], а в глобальному масштабі це одна з причин підвищення середньої температури повітря на нашій планеті, оскільки викиди транспорту містять велику кількість CO_2 – двоокису вуглецю. Вплив транспорту на якість життя людей, особливо жителів міст, проявляється і в таких факторах як: постійний шум, затори на дорогах, формування шкідливого для здоров'я смогу та ін. Беручи до уваги той факт, що транспортний потік тільки наростає, необхідно робити все для зменшення впливу всіх зазначених факторів на екосистему людини. Сталій розвиток транспортної системи стає неможливим без врахування цього. Парниковий ефект від транспорту виникає через викиди в атмосферу двоокису вуглецю CO_2 , CH_4 (метан) і N_2O (закис азоту). Найефективнішим підходом для зниження забрудненості повітря та в цілому покращення екологічної ситуації у містах є максимальне збільшення частки електричних автобусів у громадському транспорті. Електричний автобус – це екологічно чистий транспорт, що дозволяє у найкоротший термін максимально знизити забрудненість повітря у містах. Тож їх впровадження є стратегічним напрямком для вирішення сучасних екологічних проблем.

Щодо схожості і відмінностей між електричними та звичайними автобусами на дизелі чи бензині, то зовні вони виглядають ідентично. Основна різниця полягає у типі двигуна: звичайні автобуси використовують двигуни внутрішнього згоряння, які супроводжуються викидами в атмосферу шкідливих газів, тоді як електробуси –

працюють на акумуляторах, що не створюють забруднень. Істотним моментом звичайних автобусів є те, що в порівнянні з електричними автобусами, які мають рухомі частини в основному тільки в двигуні, вони мають значно більше частин, що рухаються в загальній структурі автобуса. Вони не потребують частих заміन мастила чи налаштування вихлопної системи, електробуси використовують герметичні акумулятори, які не вимагають досить витратного обслуговування. Таким чином, всебічна оцінка переваг електричних автобусів у порівнянні зі звичайними демонструє, що електробуси надають переваги не лише з економічної точки зору, але й, що особливо важливо – з точки зору захисту навколишнього середовища. Важливим є також прогрес у технологіях акумуляторів – збільшення їх ємності та зменшення часу зарядки, проте деякі проблеми, такі як обмежена ємність акумуляторів, висока вартість та довгий час зарядки – стримують розвиток електробусних мереж у містах. Сучасні акумулятори, незважаючи на численні переваги, мають характеристики, що істотно впливають на перспективи розвитку міських транспортних систем на базі електробусів. Зокрема це їх досить висока вартість, значна вага та тривалий, попри досягнення в цій сфері, час зарядки. Зазначені чинники ускладнюють широке впровадження електричних автобусів у міських транспортних мережах, однак ці фактори не є непереборними обмеженнями, вони лише вимагають ретельного врахування при проєктуванні електробусів, замість бездумного використання стандартних рішень, розроблених для дизельних або бензинових двигунів. Щодо інших параметрів, таких як рівень шуму, вібрація та доступність, електричні автобуси не поступаються своїм аналогам двигунами внутрішнього згоряння і навіть мають ряд переваг. Зокрема, електричні автобуси значно тихіші та менш вібраційні, що робить їх більш придатними для використання в міських умовах.

Електричні автобуси значно відрізняються за своїми характеристиками від автобусів із двигунами внутрішнього згоряння. Тому для оцінки доцільності впровадження електричних автобусів у транспортну інфраструктуру важливо

враховувати ці відмінності. Оцінка доцільності включає розгляд ключових факторів [9-11]:

- економічний фактор, що охоплює загальні витрати на створення транспортної інфраструктури, витрати на технічне обслуговування та експлуатацію;
- проблеми експлуатації такі як: радіус обслуговування, тривалість зарядки, доступність зарядних станцій та розвиток інфраструктури;
- екологічний фактор, який враховує рівень викидів забруднюючих речовин, шумове забруднення та загальний вплив на чистоту повітря;
- енергетичний фактор, який стосується типу використовуваного джерела енергії та його ефективності.

Головною перешкодою для повної електрифікації громадського транспорту є загальні витрати на створення транспортних мереж на основі електричних автобусів. На сучасному етапі використання гібридних автобусів, які поєднують властивості звичайних автобусів з двигунами внутрішнього згоряння та електричних автобусів, є найбільш ефективним рішенням як з економічної, так і з експлуатаційної точки зору.

Перехід до експлуатації міських електробусів зумовлений стратегіями мобільності у великих містах, оскільки міська влада прагне покращити якість життя. На рис. 2.1 показано динаміку продажі нових міських автобусів у 2023 році в країнах Європейського союзу [11]. При цьому кількість електробусів у більшості країн щорічно зростає.

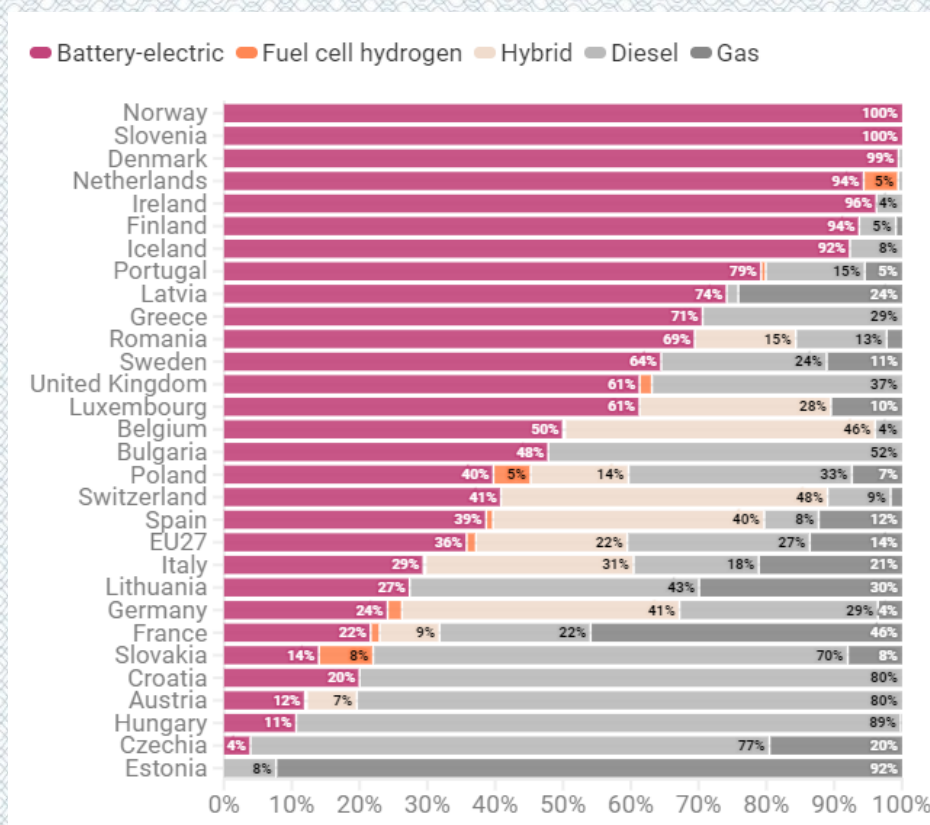


Рисунок 2.1 – Продажі нових міських автобусів у 2023 році в ЄС

Що стосується м. Вінниця, наразі перший і єдиний електробус Skywell працює на міських маршрутах з 2019 року. Електробус дешевший за експлуатаційними витратами за автобуси, що заправляються дизельним паливом. Одного заряду батареї йому вистачає на 300 кілометрів, а цикл зарядки триває лише три години. Згідно зі «Стратегією 3.0» [13] до 2030 року у Вінниці планували замінити маршрутні таксі на електробуси. Однак про ці наміри міська влада заявляла до початку повномасштабної війни.

При переході на електричні автобуси транспортні компанії повинні забезпечити збереження або навіть покращення існуючого рівня обслуговування. При цьому для транспортних компаній найважливішими показниками електробусів є запас ходу акумуляторної батареї та достатня місткість автобуса, оскільки існує потреба у

виконанні значних зобов'язань за маршрутами: транспортні засоби повинні щодня долати великі відстані в межах фіксованих обмежень для дозаправки або підзарядки. Одночасно максимальне збільшення пасажиромісткості може створити проблеми, пов'язані з дальністю поїздки та втратою енергії акумуляторної батареї. У табл. 1 представлено аналітичний огляд десяти виробників оригінального обладнання (ІОО) у Європі [14], які пропонують міські автобуси з акумуляторними батареями, що забезпечують найбільший запас ходу.

Таблиця 2.1 – 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених ІОО як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році

ІОО	Модель	Довжина (м)	Ємність акумуляторної батареї (кВт·ч)	Максима- льний запас ходу (км)	Пасажи- ро- місткість
Ebusco	Ebusco 3.0	12	350	575	95
IVECO	E-WAY Full Electric	12	350	543	70
Quantron	Q-Bus	12	332	370	88
Temsa	Avenue Electron	12	360	350	85
Otokar	e-KENT C	12	300	300	95
Isuzu	NOVOCITI VOLT	8	211	300	52
Caetano	e.City Gold	12	385	300	87
Bozankaya	E Bus 10	10,7	230	300	80
MAN	Lion's City E	18	640	270	120
BYD	ADL Enviro200EV	10,2	348	257	80

Ефективність роботи транспортної мережі на основі електричних автобусів безпосередньо залежить від належно розробленої інфраструктури, що адаптована для їх використання. Можливі кілька варіантів організації інфраструктури: якщо йдеться про електричні автобуси з потужними акумуляторами, здатними працювати без підзарядки досить тривалий час, то тут існує основна проблема – тривалість зарядки. Тому необхідно передбачити станції надшвидкої зарядки або, якщо є така можливість, станції для заміни акумуляторів. Акумуляторні електричні автобуси можуть працювати з різними типами зарядних елементів: зарядними точками, повітряними зарядними стовпами та системами індуктивної зарядки. Встановлення зарядних точок або

повітряних стовпів не вимагає значних змін у вже існуючій інфраструктурі. Проте необхідність у великій кількості таких точок та їхнє рівномірне розміщення може стати серйозним бар'єром для створення інфраструктури електричних автобусів. Іншою суттєвою проблемою є додаткове навантаження на електричні мережі, особливо в густонаселених районах міста.

Враховуючи екологічну ситуацію у місті Вінниця (викиди токсичних речовин від двигунів внутрішнього згорання, шумове забруднення тощо), доречно впровадити електробуси для покращення міських пасажирських перевезень. Для цього необхідно здійснити техніко-економічне та екологічне обґрунтування заміни громадського транспорту з двигунами внутрішнього згорання на електричні автобуси, а також модернізацію міської транспортної інфраструктури.

2.2 Система міського пасажирського транспорту та методи вдосконалення процесу перевезень пасажирів

Зважаючи на характеристики окремих видів транспорту, найбільш перспективним для міських умов є громадський транспорт із пасажиромісткістю від 40 до 100 осіб. Він здатен одночасно перевозити велику кількість пасажирів, має менший вплив на навколишнє середовище, сприяє зниженню шумового забруднення та забезпечує комфорт і безпеку. Такий вид транспорту є привабливою альтернативою для громадян, які бажають залишити приватний автомобіль і скористатися перевагами сучасного громадського транспорту.

У загальному розумінні, міський пасажирський транспорт (рис. 2.2) включає автобуси, тролейбуси, трамваї, залізничні потяги, монорельсовий транспорт та маршрутні таксі. Кожен з цих видів транспорту має свою власну місткість, яка може варіюватися від 5 до 150 пасажирів і навіть більше.



Рисунок 2.2 – Класифікація існуючих видів міського пасажирського транспорту

Проблеми розвитку міського пасажирського транспорту залишаються актуальними в будь-якій економічній системі. Транспортна інфраструктура є невіддільною частиною сучасного міста. Міський пасажирський транспорт виконує важливі соціальні, економічні, культурні та інші функції, що мають значення не лише для конкретного міста, але й для держави загалом [15].

Система міського транспорту забезпечує надійний зв'язок між різними районами міста, надає транспортні послуги всім верствам населення, сприяє функціонуванню економіки та життєдіяльності людей. Вона також стимулює економічний розвиток і є індикатором рівня урбанізації. Крім того, від розвиненості транспортної системи залежить тривалість поїздок мешканців, що впливає на їхню продуктивність і загальний рівень транспортної втоми. У сучасному суспільстві, де збільшується мобільність населення і формується нова культура споживання, ефективна транспортна система стає ключовим фактором сталого розвитку міста [16].

Робота міського пасажирського транспорту супроводжується різними економічними, технічними, організаційними та управлінськими викликами. Ігнорування цих проблем може призвести до поганого транспортного забезпечення населення, гальмування економічного прогресу, погіршення якості перевезень, а також до зниження рівня безпеки як у транспортній, так і в екологічній сферах [17].

Система міського пасажирського транспорту (рис. 2.3) охоплює різні види транспорту, серед яких вантажний, спеціальний (медичний, аварійний, санітарно-технічний, протипожежний тощо) і пасажирський.

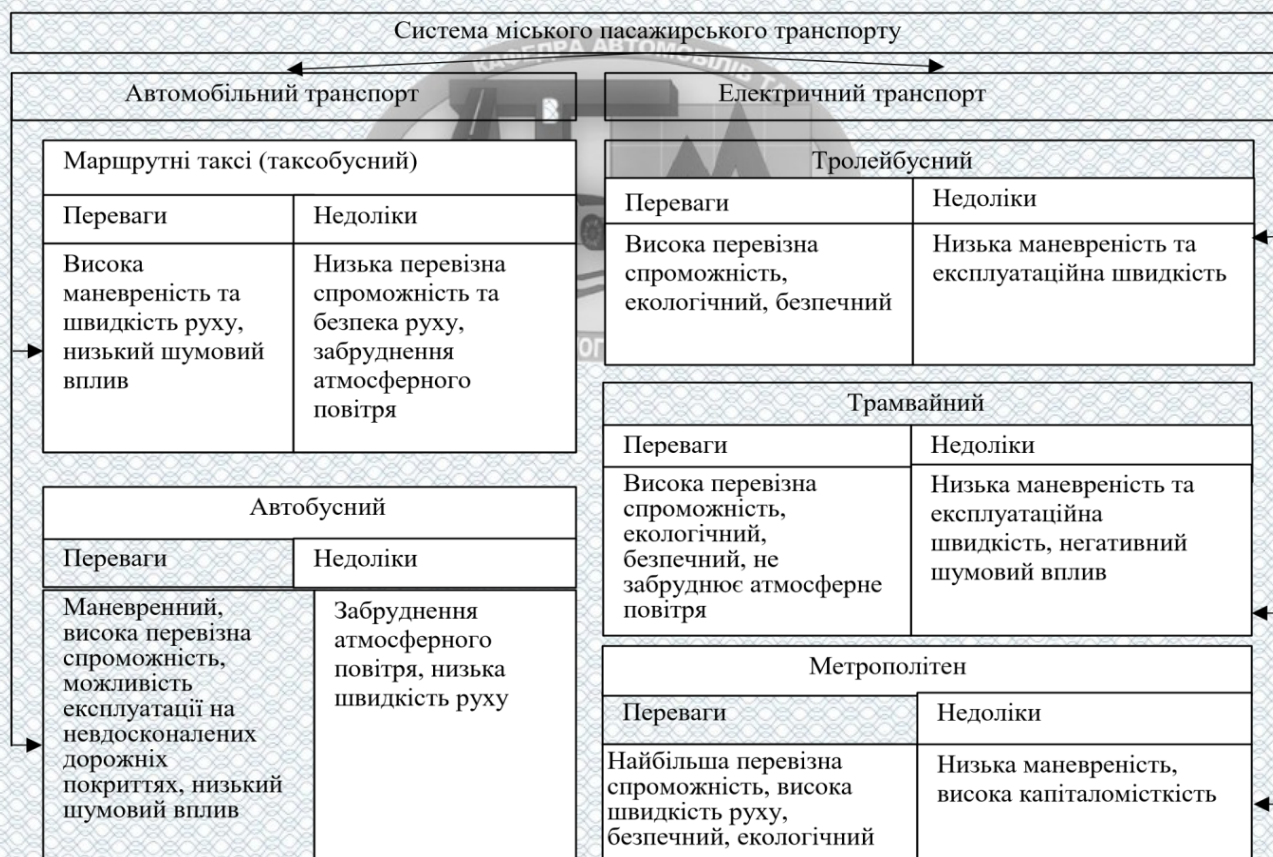


Рисунок 2.3 – Система міського пасажирського транспорту

Міський транспорт можна розділити на індивідуальний, до якого належать велосипеди, мотоцикли та легкові автомобілі, і транспорт загального користування, що обслуговує масові перевезення. Основна частка міських пасажирських перевезень

припадає саме на транспорт загального користування. Його система може включати один або декілька видів транспорту, таких як електротранспорт (тролейбуси, трамваї, метро) та автомобільний транспорт (автобуси, маршрутні таксі, легкові таксі).

Пасажирський транспорт сучасного міста є відкритою, масштабною, складною, багатофункціональною та динамічною системою, яка здатна до саморозвитку. Важливими факторами, що впливають на її формування, є розмір міста та чисельність його населення. Загальна тенденція, що спостерігається у створенні транспортних систем різних міст (рис. 2.4), полягає в тому, що зі збільшенням розмірів міста зростає і кількість видів транспорту, які його обслуговують. Розширення міської території та зростання чисельності мешканців спричиняють підвищення транспортної рухливості населення, збільшення середньої дальності поїздок, обсягів перевезень, пасажиропотоків і протяжності транспортної мережі [18]. Попри ці зміни, середній час поїздки має залишатися в прийнятних межах, що створює потребу у впровадженні швидкісних видів транспорту.



Рисунок 2.4 – Основні фактори, що впливають на формування системи пасажирського транспорту міста

Таким чином, міський пасажирський транспорт являє собою систему, яка складається з взаємопов'язаних елементів. До цих елементів належать різні види транспорту, що працюють у межах міста. Кожен із цих видів можна розглядати як окрему підсистему, частини якої взаємодіють між собою, виконуючи головну задачу – забезпечення перевезення пасажирів у міській зоні [19].

Економічні зміни, спрямовані на розвиток ринкових відносин, спричинили конфлікт між попередньою системою управління, що базувалася на принципах планування та централізованого контролю, і новими умовами ринкової економіки.

У радянський період захист інтересів міських мешканців і координація роботи різних видів транспорту були покладені на міськвиконкоми. При цьому схеми маршрутів і розклад руху розроблялися поквартально кожною транспортною організацією та формально затверджувалися місцевою владою. У 90-х роках, з початком процесу приватизації, монополія держави на управління транспортною галуззю була ліквідована, що стало передумовою для виходу на ринок приватних перевізників. Парк приватних компаній переважно складався з автобусів середньої та малої місткості. Вони здійснювали зупинки не лише на офіційно визначених зупинках маршруту, але й на вимогу пасажирів, що суттєво підвищило їхню конкурентоспроможність [20, 21]. Однак поряд із цим виникли проблеми, такі як самовільне підвищення тарифів, недотримання режиму праці та відпочинку водіїв, а також необґрунтована заміна автобусів більшої місткості на менш місткі транспортні засоби [22].

Організація пасажирських перевезень повинна забезпечувати мінімальний час поїздки, регулярність руху транспорту по всьому маршруту, ефективне використання рухомого складу, безпеку та високу якість обслуговування пасажирів за мінімальних витрат. Удосконалення методів організації перевезень підвищує значення водія як ключової фігури у транспортному процесі. Водій відповідає за ефективність виконання операцій, і його помилки можуть інколи мати серйозні наслідки.

У багатьох містах України система пасажирського транспорту розвивається нерівномірно. Спостерігається занепад тролейбусного та трамвайного транспорту, зростає негативний вплив автотранспорту на довкілля, а ринок міських перевезень залишається недостатньо врегульованим. Як наслідок, мешканці часто не отримують належного обсягу транспортних послуг і залишаються незадоволеними їхньою якістю [23].

Зростання кількості приватних транспортних засобів на вулицях великих міст ускладнює організацію пасажирських перевезень транспортом загального користування, що призводить до зменшення швидкості руху, при цьому час роботи залишається незмінним [24]. Пасажири змушені витратити більше часу на поїздки, що знижує продуктивність праці та створює потребу в збільшенні кількості одиниць рухомого складу при дотриманні необхідних інтервалів руху.

Для ефективного функціонування системи пасажирського транспорту сучасного міста необхідна чітка взаємодія різних видів транспорту. Висока соціальна та економічна ефективність роботи міського пасажирського транспорту досягається завдяки синергії різних видів транспорту, яка можливе лише за умови їх інтеграції в єдину міську транспортну систему. Це передбачає узгоджене функціонування, взаємодоповнення та співпрацю між перевізниками.

Однією з ключових умов сталого розвитку міст України є вдосконалення систем міського пасажирського транспорту з урахуванням сучасних вимог. Відродження, оновлення та гармонійне функціонування різних видів громадського транспорту (рис. 2.5) є передумовою економічного зростання як окремих міст, так і країни в цілому. Для досягнення високого рівня якості життя та сталого розвитку міст важливою є комплексна транспортна політика, що одночасно враховує економічні, соціальні та екологічні фактори.

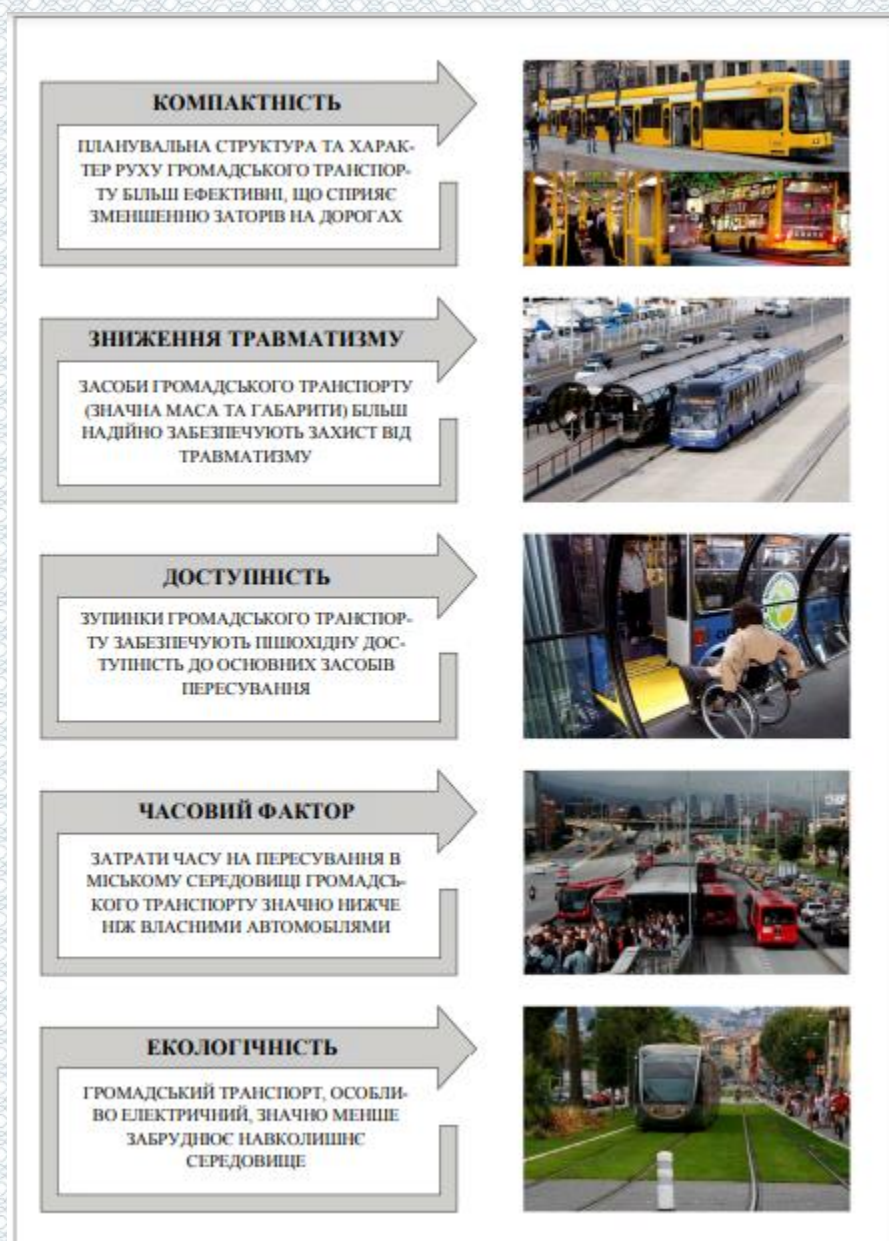


Рисунок 2.5 – Громадський транспорт як засіб формування комфортного міського середовища

Міські автобуси є найбільш поширеним видом пасажирського транспорту в містах, оскільки їх експлуатація потребує мінімальних підготовчих заходів та невеликих інвестицій. Міські автобусні маршрути значно відрізняються за складністю та інтенсивністю роботи водіїв, що необхідно враховувати при організації перевезень.

Організація пасажирських перевезень повинна забезпечувати мінімальний час поїздки, регулярність руху транспортних засобів по всьому маршруту, ефективне використання рухомого складу, безпеку та високий рівень обслуговування пасажирів, що підвищує роль водія як ключової фігури в процесі управління та праці. Ефективність виконання водієм основних завдань безпосередньо залежить від напруженості його роботи. Для аналізу напруженості праці водіїв на міських автобусних маршрутах необхідно оцінити складність самого маршруту. Це дозволить вдосконалити методи організації праці водіїв міських автобусів, що є важливою та актуальною задачею.

Методи удосконалення міських пасажирських перевезень

Умови перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом (МПТ) впливають на їх психологічний і фізичний стан, продуктивність праці, відпочинок. Удосконалення організації перевезень має важливе соціальне значення.

Завдання підвищення рівня обслуговування на міському пасажирському транспорті поширюється на всіх учасників транспортного процесу: пасажирів, перевізників, суспільство. Сукупними заходами мають досягатися більша зручність поїздок пасажирів, різнопланове скорочення витрат транспортних підприємств [25]. Тому необхідним є використання нових рішень у сфері техніки, технології, організації і економіки. Учасники ринкових відносин повинні самостійно й цілеспрямовано формувати і здійснювати науково-технічну політику, що дозволяє забезпечити конкурентоспроможність транспортних послуг.

Методи вдосконалення міських пасажирських перевезень [26-29] можна поділити на три основні групи, що представлені на рисунку 2.4. Містобудівні фактори визначають напрямок і кількість пересувань пасажирів, формуючи матрицю кореспонденцій; організаційні впливають на час поїздки мешканців міста, обумовлюючи цим вихідні параметри для організації перевізного процесу – обсяг перевезень і час пересування пасажирів. Це пояснюється тим, що пасажир одночасно виступає об'єктом перевезень і споживачем транспортних послуг.

Наведений перелік експлуатаційних методів вдосконалення перевезень пасажирів (рис. 2.6) може бути доповнений апробованими в різних країнах методами організації за разовими і довгостроковими заявками громадян спеціальних маршрутів автобусів різної пасажиромісткості, використанням системи повідомлення пасажирів про режими руху транспортних засобів, надання додаткових послуг пасажиром під час їх пересування та ін.

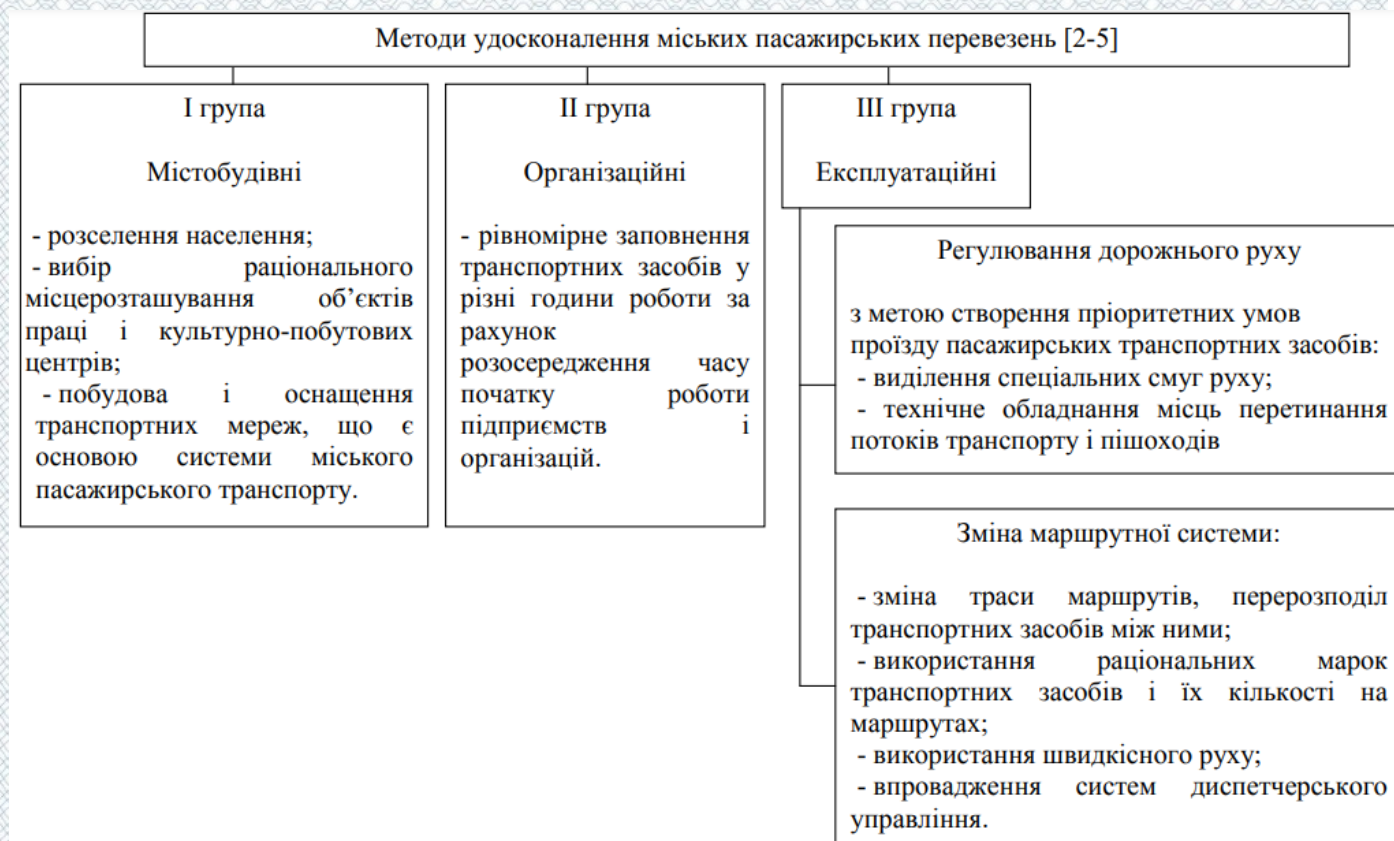


Рисунок. 2.6 – Методи удосконалення міських пасажирських перевезень

Наведені на рисунку 2.6 основні експлуатаційні й організаційні методи удосконалення міських пасажирських перевезень направлені на досягнення двох цілей, що суперечать одна одній – соціальних і відомчих [30].

Соціальні цілі удосконалення міських пасажирських перевезень складаються із забезпечення урахування інтересів пасажирів як споживачів транспортних послуг, а також відображення суспільних інтересів. У першу чергу повинні бути враховані такі характеристики якості послуг з перевезення пасажирів, як безпека перевезень для життя і здоров'я пасажирів і персоналу, зручність перевезень, зберігання навколишнього середовища і майна.

Відомчі (економічні) цілі вдосконалення міських пасажирських перевезень повинні відповідати господарському механізму, що застосовується на міському пасажирському транспорті й дозволяє вдосконалювати економічні відносини з урахуванням ресурсних можливостей, які є у розпорядженні транспортних підприємств, розвивати конкуренцію перевізників на ринку транспортних послуг. За рахунок цього повинна створюватися економічна перевага перевізників.

2.3 Маршрут, його техніко-експлуатаційні параметри роботи, маршрутна мережа та система міста

Маршрутом називають ділянку міської транспортної мережі, спеціально обладнану для безпересадочного перевезення пасажирів транспортними засобами, що обслуговують цю ділянку [25-33].

Розрізняють маршрути [29]: *за видами транспорту* – автобусні, тролейбусні, трамвайні і ін.; *за характером обертів транспортних засобів* – з обертотом на кінцевих станціях (маятникові) і без обертоту на кінцевих станціях (кільцеві). У маятникових маршрутів обидва напрями руху обслуговуються одними і тими ж транспортними засобами, а у кільцевих – кожен напрям своїми ТЗ; *за поєднанням напрямів руху на міських проїздах* – з двостороннім рухом і з одностороннім рухом; *за конфігурацією* (розташуванню на плані міста) – радіальні, діаметральні, хордові, кільцеві, радіально-

дугові, подовжні, поперечні, діагональні, кутові та ін. Радіальні маршрути в містах з радіально-кільцевою схемою транспортної мережі пов'язують периферійні райони з міським центром; діаметральні – периферійні райони через міський центр; хордові – периферійні райони, минаючи центр; кільцеві – периферійні райони в обхід міського центру; радіально-кутові – периферійні зони з центрами транспортного тяжіння по радіальних і кільцевих напрямках. Подовжніми в містах з прямокутною схемою вулично-дорожньої мережі називають маршрути, що проходять по вулицях уздовж витягнутої сторони міста, поперечними – що проходять уздовж короткої сторони міста, діагональними – що проходять по діагональних напрямках, кутовими – що об'єднують периферійні райони вузької і широкої сторін міста по подовжніх і поперечних напрямках; *за класом транспортних зв'язків в місті* – місцеві, що обслуговують внутрішньорайонні перевезення пасажирів, міжрайонні, що зв'язують різні райони міста між собою, центральні, що забезпечують перевезення пасажирів в міській, приміській і міжміській центри; *за класом перевезень пасажирів* – основні (міжрайонні) і допоміжні, що підвозять і розвозять, призначені для підвезення пасажирів від пунктів відправлення до основних маршрутів і розвезення від них до пунктів призначення. Основними вважають маршрути швидкісного транспорту великої провізної здатності, допоміжними – внутрішньорайонні маршрути МПТ невеликої провізної здатності; *за частотою зупинок* – нормальні (звичайні) з частими зупинками (зі всіма зупинками), експресні, напівекспресні; *за режимом роботи* – постійні і тимчасові, такі, що призначаються на певні години доби, дні тижня, сезони року або інші періоди часу; *за довжиною* – нормальні (основні), укорочені і подовжені. Довжину нормальних маршрутів приймають так, щоб час руху по маршруту між кінцевими станціями складав близько однієї години; *за інтервалом руху* – з частим рухом (інтервал руху не перевищує 10 хв.) і з рідкісним рухом (інтервал руху більше 10 хв.).

Основними елементами маршруту є:

- зупинкові пункти – заздалегідь визначені місця посадки і висадки пасажирів на маршруті. Суміжні зупинні пункти поділяють маршрут на перегони [25-33];
- оборотне кільце, що призначено для обертуту транспортних засобів та формуються на маятникових маршрутах (на кільцевих маршрутах немає розворотних кілець) [25-33];
- технічні станції, що обладнуються на кінцевих зупинках маршрутів для контролю та регулювання рухом [25-33];
- проміжні станції, що обладнуються на проміжних контрольних ділянках маршруту для контролю та регулювання рухом [25-33].

Тривалість функціонування маршруту – це час доби, протягом якого на маршруті працюють транспортні засоби. Вона визначається з моменту початку першого рейсу до моменту закінчення останнього. Міський маршрут, як правило, функціонує з 5-6 години до 20-21 години.

Відомо, що при здійсненні пасажирських перевезень будь-який транспортний засіб завжди повертається в той пункт, звідки почався рух, тобто здійснюється повний оберт.

Час обертуту дорівнює [25-33]:

$$t_{об} = t_{n-в} + t_3 + t_{рух} + t_k, \quad (2.1)$$

де $t_{n-в}$ – посадка і висадка пасажирів на проміжних зупинкових пунктах, хв.;

t_3 – час затримки на перехрестях, перед зупинками, хв.;

$t_{рух}$ – час руху, хв.;

t_k – час простою на кінцевих пунктах маршруту, хв.

Охарактеризуємо всі складові часу, що входять у час оборту транспортного засобу.

Час руху – це час, що витрачається транспортним засобом безпосередньо на рух і містить у собі час на розгін, час сталого руху та час уповільнення. Час руху становить основну частину оборту і значно впливає на показники транспортного процесу [25-33].

Час посадки і висадки пасажирів – це час простою транспортного засобу на зупинкових пунктах, що включає в себе: час на відкриття і закриття дверей, посадку і висадку пасажирів. Якщо припустити, що для більшості міських пасажирських транспортних засобів час на закриття та відкриття дверей однаковий і складає 3...5 секунд, то стає зрозумілим, що час посадки і висадки пасажирів залежить в основному від пасажирообміну на зупинковому пункті, тобто суми пасажирів, що ввійшли та зійшли. Основний шлях зниження цього часу – застосування широких дверей ТЗ для зручної та швидкої посадки і висадки [25-33].

$$t_{п-в} = \sum_{i=1}^n t_{зпi} \quad (2.2)$$

де $t_{зпi}$ – час, що витрачається на i -тій зупинці, хв.;

n – кількість зупинок.

На i -тій зупинці $t_{зпi}$ визначається за залежністю [25-33]:

$$t_{зпi} = t_{з-вi} + t_{н-вi} , \quad (2.3)$$

де $t_{з-вi}$ – час на закриття та відкриття дверей на i -тому зупинковому

пункті, хв.;

$t_{п-вi}$ – час на посадку та висадку пасажирів на i -тому зупинковому

пункті, хв.;

$$t_{п-вi} = \frac{t_{пас}(A_{в} + A_{з})k_n}{n}, \quad (2.4)$$

де $t_{пас}$ – час на посадку і висадку одного пасажирів приймають $t_{пас}=1$ сек.;

$A_{в}, A_{з}$ – кількість пасажирів, що ввійшли і вийшли відповідно, пас.;

k_n – нерівномірність входу/виходу пасажирів через рівні двері;

n – кількість дверей для входу і виходу пасажирів.

Час простою на кінцевих зупинках – час на пересування водія від свого робочого місця до диспетчерського пункту і назад, на реєстрацію виконаного рейсу, час на короточасний відпочинок водія й огляд ТЗ. При цьому доцільно, щоб час простою на кінцевих пунктах складав не менше 5% загального часу оберт [25-33].

Час затримок ТЗ на перехрестях зумовлений інтенсивністю руху транспортних засобів на дорогах і часом циклів горіння сигналів світлофорів. Для зниження величин цих затримок набуває застосування різних систем автоматизованого керування рухом міського транспорту, у яких часто міському масовому пасажирському транспорту надається пріоритетне право проїзду, виділяються окремі смуги для руху та ін. Проте, частка часу затримок на перехрестях залишається значною і її зниження є істотним резервом у підвищенні якості обслуговування пасажирів [25-33].

Довжина оберт – це відстань, яку долає транспортний засіб за повний час оберт $t_{об}$. В загальному вигляді довжину оберт можна представити у вигляді [25-33]:

$$l_{об} = l_{мп} + l_{мзв} + l_{кз}, \quad (2.5)$$

де $l_{мп}$, $l_{мзв}$ – довжина маршруту в прямому та зворотному напрямках відповідно, км;

$l_{кз}$ – відстань, що проходить ТЗ при маневруванні на кінцевих зупинкових пунктах у період після висадки пасажирів і до посадки пасажирів наступного рейсу, км.

Довжина маршруту L_m – це відстань між початковим і кінцевим пунктами маршруту в одну сторону (характерно для маятникових маршрутів).

Рейс – процес пересування транспортного засобу за маршрутом [25-31].

Відповідно **час рейсу** t_p це час руху автомобіля за маршрутом, $t_p = t_m$.

Тому часто довжина маршруту ототожнюється з довжиною рейсу [32]:



Оборотний рейс - процес пересування автобуса за оберт [25-31].

Взаємозалежність сумарної довжини маршрутів у прямому і зворотному напрямках та довжини оберту маршруту визначається **коефіцієнтом використання пробігу** на оборотному рейсі. Коефіцієнт використання пробігу є показником, що характеризує ступінь використання транспортного засобу в транспортному процесі і обумовлюється відношенням величини пробігу з пасажирями за оборотний рейс на маршруті до загальної довжини оборотного рейсу [25-31]:

$$\beta_{об} = \frac{l_{мп} + l_{мзв}}{l_{об}} = \frac{l_{мп} + l_{мзв}}{l_{мп} + l_{мзв} + l_{кз}} \quad (2.6)$$

Швидкість руху пасажирських транспортних засобів є одним з основних експлуатаційних показників. Розрізняють експлуатаційну, середню технічну та швидкість сполучення на маршруті [25-31].

Експлуатаційна швидкість на маршруті визначає швидкість експлуатації транспортних засобів й обчислюється як відношення [25-31]:

$$V_e = \frac{2L_M}{t_{об}} = \frac{l_{об}}{t_{об}} \quad (2.7)$$

Швидкість сполучення на маршруті V_c характеризує швидкість, з якою пасажир на маршруті пересувається між кінцевими зупинковими пунктами [32]:

$$V_c = \frac{2L_M}{t_{об} - 2t_k} = \frac{l_{об}}{t_{об} - 2t_k} \quad (2.8)$$

Середня технічна швидкість характеризує швидкість безпосередньо руху транспортного засобу на маршруті та визначається відношенням довжини оберту до часу руху і всіляких затримок [25-31]:

$$V_T = \frac{2L_M}{t_{рух}}. \quad (2.9)$$

Тривалість перебування ТЗ в наряді T_n [25-31] визначається з моменту виходу його з парку до повернення, за винятком часу обідньої перерви водія (якщо немає його підміни), а також часу міжпикового простою транспортного засобу.

$$T_{ni} = T_{\text{заїзди}} - T_{\text{виїзди}} - T_{\text{пері(від)}}, \quad (2.10)$$

де $T_{\text{заїзди}}$ – час заїзду у транспортне підприємство, год;

$T_{\text{виїзди}}$ – час виїзду з транспортного підприємства, год;

$T_{\text{пері(від)}}$ – час перерви або відстою.

Не слід ототожнювати поняття T_n – час перебування транспортного засобу в наряді, з часом у наряді водія T_{ne} , що містить у собі підготовчо-заключний час для медичного огляду водія, підготовки рухомого складу до експлуатації та постановки на збереження. Крім цього, час у наряді може складатися з часу в наряді декількох водіїв. Для всіх ТЗ і працюючих на них водіїв сума часу в наряді всіх ТЗ буде складатися із суми часу в наряді кожного водія без підготовчо-заключного часу [125-31].

Час перебування маршрутних ТЗ у наряді складається з часу його роботи на маршруті T_m і часу T_0 проїзду нульових пробігів, до яких належать пробіги від автопарку до кінцевих зупинок маршруту, від них до парку після закінчення роботи на маршруті, а також заплановані заїзди [25-31]:

$$T_n = T_m + T_0, \quad (2.11)$$

$$T_m = N_{об} \cdot t_{об}, \quad (2.12)$$

де $N_{об}$ – кількість оборотних рейсів.

Загальний пробіг транспортного засобу визначається, як пробіг, зроблений за час у наряді, складається з пробігу виконаних обертів ТЗ $L_{об}$ і нульових пробігів L_0 [25-31]:

$$L_{заг} = L_{об} + L_0, \quad (2.13)$$

$$L_{заг} = n_{об}l_{об} + l_{01} + l_{02}, \quad (2.14)$$

де l_{01}, l_{02} – нульові пробіги, км;

$n_{об}$ – кількість обертів ТЗ.

Нульові пробіги являють собою шлях з парку (стоянки) транспортного підприємства, який пройшов транспортний засіб до проміжного чи початкового (кінцевого) пункту маршруту, а також пробіг автобуса з кінцевого чи проміжного пункту маршруту в парк (стоянку) транспортного підприємства. Крім того, до нульових пробігів належать пересування автомобіля, не пов'язані з транспортним процесом (заправлення, обід водіїв, технічне обслуговування тощо) [25-31].

Пасажиromісткість транспортного засобу q_n визначається кількістю місць для сидіння q_{cd} з урахуванням можливих місць для стояння q_{cm} пасажирів [33]:

$$q_n = q_{cd} + q_{cm}. \quad (2.15)$$

Якщо кількість місць для сидіння в салоні є величиною постійною, залежною від моделі ТЗ, то кількість місць для стояння q_{cm} визначається як добуток вільної для стояння пасажирів площі салону F_{cm} на коефіцієнт її заповнення k , що показує, скільки пасажирів може розташуватися на одному квадратному метрі вільної площі салону [32-33]:

$$q_{cm} = F_{cm} \cdot k_z, \quad (2.16)$$

де F_{cm} – вільна для стояння площа салону, m^2 .

Здебільшого заповнення салону вважається номінальним, якщо всі місця для сидіння зайняті, а на кожному вільному для стояння пасажирів квадратному метрі розміщується 5 чоловік ($k_z = 5$ пас/ m^2). У період пік допускається заповнення салону при $k_z = 8$ пас/ m^2 . Іноді дані обстеження пасажиропотоків у міському пасажирському транспорті показували, що фактично коефіцієнт заповнення вільної площі k_z перевищує значення 8 пас/ m^2 і досягає величини 10 пас/ m^2 [34].

Розрахункове число стоячих пасажирів встановлюють виходячи з норми 0,125 m^2 вільної площі підлоги салону автобуса на одного пасажирів, чи 8 пас/ m^2 [27, 32-33]. При цьому під вільною площею підлоги розуміють площу, вільну від пасажирських сидінь, місць розташування водія і кондуктора, різноманітних виступаючих в салон елементів конструкції.

Для транспортних засобів, де передбачена вільна для стояння площа салону, пасажиромісткість салону для експлуатації транспортного засобу пропонується визначити таким способом. Номінальна пасажиромісткість автобуса вказана в його технічній характеристиці і згідно з [35] визначається сумою місць для сидіння і розрахункового числа пасажирів, які стоять:

$$q_n = q_{сид} + [(a \cdot b - 0,33 \cdot q_{сид}) \alpha] \cdot k_z, \quad (2.17)$$

де q_n – місткість транспортного засобу, місць;

$q_{сид}$ – кількість місць для сидіння, місць;

a – ширина транспортного засобу, м;

b – довжина транспортного засобу, м;

α – коефіцієнт використання площі.

Для вирішення багатьох завдань перевезень пасажирів у містах зручно використовувати номінальну q_n і максимальну q_{max} місткість транспортних засобів. При цьому їх не розраховують, а використовують довідкові дані.

Обсяг перевезень за один рейс Q показує [32], скільки пасажирів перевезено транспортом і визначається як

$$Q = \sum Z = \sum B, \quad (2.18)$$

де $\sum Z$ – кількість пасажирів, які зайшли у ТЗ за рейс, пас.;

$\sum B$ – кількість пасажирів, які вийшли з ТЗ за рейс, пас.

Транспортна робота P відображає [32] кількість пасажиро-кілометрів у загальному вигляді:

$$P = \sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i, \quad (2.19)$$

де F_i – потужність пасажиропотоку на i -тому перегоні, пас.;

l_i – довжина i -того перегону, км.

Коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу

Коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу γ є безрозмірною величиною і визначається відношенням кількості пасажирів, які перебувають у салоні Q_{cl} до номінальної місткості салону [32]:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{сл}}}{Q_n}, \quad (2.20)$$

У процесі перевезень кількість пасажирів у салоні постійно змінюється. З метою усунення цього недоліку використовують поняття середніх значень коефіцієнтів заповнення [32] – коефіцієнта середньо-статичного використання місткості (2.21) і коефіцієнта динамічного використання місткості (2.22).

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n \cdot q_n}, \quad (2.21)$$

де γ_c – статистичний коефіцієнт використання пасажиромісткості ТЗ;

$\sum_{i=1}^n F_i$ – сумарний пасажиропотік на перегонах маршруту, пас.;

n – кількість перегонів, од.;

q_n – пасажиромісткість ТЗ, пас.

$$\gamma_d = \frac{P}{Q_n L_M}. \quad (2.22)$$

Інтервал руху транспортних засобів на маршруті визначається, як проміжок часу між транспортними засобами, що рухаються один за одним [32]:

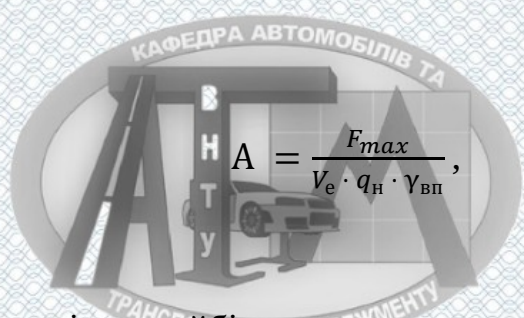
$$I = \frac{t_{\text{об}}}{A} \quad (2.23)$$

або

$$I = \frac{2L_M}{A \cdot V_e} \quad (2.24)$$

де A – кількість ТЗ на маршруті, од.

Кількість транспортних засобів на маршруті визначається виходячи з пасажиропотоку на найбільш пасажиронапруженому напрямку маршруту за період „пік” [32]:



$$A = \frac{F_{max}}{V_e \cdot q_n \cdot \gamma_{vp}}, \quad (2.25)$$

де F_{max} – пасажиропотік на найбільш пасажиронапруженому напрямку маршруту за період „пік”, пас.;

q_n – номінальна місткість транспортного засобу, пас.;

γ_{vp} – коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Маршрутна мережа та система міста

Найважливішим елементом міських пасажирських транспортних систем є маршрутна мережа, що включає сукупність трас і потужностей маршрутів. Маршрутна мережа міського пасажирського транспорту виконує певні завдання та має свої закономірності функціонування.

Маршрутною системою (МС) називають сполучну територіально і в часі сукупність маршрутів усіх і окремих видів МПТ, що обслуговують міські пасажирські перевезення в межах заданої транспортної мережі. Під територіальною сполучністю

маршрутної системи розуміють узгоджене з об'ємами перевезень пасажирів розміщення на плані міста маршрутів якого-небудь одного і різних видів МПТ, їх кінцевих зупинок, зупиночних пунктів і інших лінійних споруд. Під сполучністю у часі розуміється узгодження режимів роботи маршрутів у часі та розкладів руху транспортних засобів, які обслуговують різні маршрути [28, 29, 32, 36].

Маршрутна система МПТ повинна проектуватись, аналізуватись і оптимізуватись тільки комплексно (системно). При інших рівних умовах МС визначає і рівень (якість) транспортного обслуговування населення, і економічні показники роботи транспортних підприємств. Тому транспортні підприємства організують систематичне вивчення МС і постійно коригують її для приведення у відповідність з об'ємами перевезень, що освоюються [28, 29, 32, 36].

Основною вимогою до маршрутної мережі є повна узгодженість з характеристиками міських пасажирських перевезень, які вимагають ретельного вивчення на стадії проектування і в процесі експлуатації маршрутної системи.

Науковий метод удосконалення міських пасажирських транспортних систем, що наведений в роботах П. Ф. Горбачева [37-39], проводиться через цільову функцію маршрутизації і має вигляд:

$$\sum_i^N \sum_j^N \sum_l^n (h_{ijl} \cdot \sum_k^M (A \cdot t_{ock} + B \cdot t_{oek} \cdot \gamma_{ok})) + \sum_i^G (C_{nep} \cdot V_{\partial} + C_{nocm}) \cdot N_{ai} \cdot T_n \rightarrow \min, \quad (2.26)$$

де N – кількість транспортних районів в місті;

n – кількість можливих варіантів шляхів проходження з району i в район j ;

h_{ijl} – кількість пасажирів, які прямують по шляху l з району i в район j ;

M – кількість посадок (маршрутних поїздок) на ділянці l ;

A, B – сталі коефіцієнти;

t_{ok} – тривалість k -ї маршрутної поїздки;

γ_{ok} – динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу;

G – кількість марок транспортних засобів, що працюють на маршруті;

$C_{пері}, C_{пості}$ – відповідно змінні і постійні витрати на експлуатацію транспортного засобу;

N_a – потрібна кількість автобусів i -ї марки;

T_n – тривалість розрахункового періоду.

Дана цільова функція (2.26) визначає суму витрат на експлуатацію транспорту за період і вартісну оцінку наслідків транспортного процесу (зниження продуктивності праці пасажирів на основному виробництві унаслідок транспортної стомлюваності). Процес формування раціональної маршрутної мережі проводиться до тих пір, доки не буде отримано очікуване значення цільової функції.

У роботі Яворського В. В. [40] удосконалення міських пасажирських транспортних систем пропонується через прокладання маршрутів по найкоротших за часом шляхах пересування між районами, що виділені як можливі для організації кінцевих пунктів і завдання маршрутизації розглядається з позиції підвищення економічної ефективності роботи МПТ. У даній методиці описується процес утворення пасажиропотоків, що є перевагою запропонованого підходу. Однак використання транспортних районів без врахування їх взаємного розташування на території міста приводить до зростання непрямої лінійності маршрутів і, як наслідок, збільшення часу

руху пасажирів. При цьому об'єми розрахунків значно великі, що обмежує сферу використання даного методу для відносно малих мереж.

Середній час поїздки в ТЗ на маршрутах, що входять мережу МПТС [32, 36]:

$$\bar{t}_{\text{поезд}} = 60 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (H_{ij} L_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij} V_x}, \quad (2.27)$$

де H_{ij} – кореспонденції між транспортними районами, пас.

Коефіцієнт пересадності визначається [32, 36]:

$$K_{\text{пер}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}}. \quad (2.28)$$

Середній рівень заповнення салону транспортного засобу, що характеризує кількість пасажирів тих, що доводяться на один квадратний метр площі салону [32, 36]:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij} L_{ij}}{\sum_{x=1}^R A_x V_{xe} S_x T_{\text{ник}}}, \quad (2.29)$$

де q – середнє значення рівня заповнення салону, пас/м²;

S_x – площа салону x -го ТЗ, м²;

R – кількість ТЗ, що працюють на МПТС.

2.4 Математична модель вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста

У розгорнутому вигляді цільова функція вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста має такий вигляд:

$$P = -0,21 + 1,045 \left((2,16 + 0,513 \ln(t_{oc} + 1) + 0,00107 t_{oc})(1 - 0,14(k' \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn}) + \right. \\ \left. + k' \gamma_{mn} (k' \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn} \right) \rightarrow \min \quad / PP \leq \omega' \quad (2.30)$$

Коливання обсягів перевезень при фіксованій кількості транспорту на маршруті призводять до дисбалансу між попитом і пропозицією: попит може переважати пропозицію або навпаки. Потребу в транспортних засобах на автобусних маршрутах визначають для встановлення типу (місткості) й кількості автобусів, при яких забезпечується освоєння пасажиропотоку з дотриманням нормативних вимог до якості транспортного обслуговування пасажирів. При виборі пасажиромісткості й марки транспортного засобу для роботи на новому маршруті або при оновленні рухомого складу можна користуватися критерієм вибору автотранспортного засобу (2.30). Це завдання вирішується методом варіаційного обчислення, що полягає у послідовній зміні параметра управління з початкової до кінцевої точки, які визначаються відповідно за мінімальною і максимальною інтенсивністю надходження замовлень на перевезення з використанням моделі вибору автотранспортного засобу для роботи на маршруті. Загальний алгоритм моделювання процесу вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста наведено на рисунку 2.6.

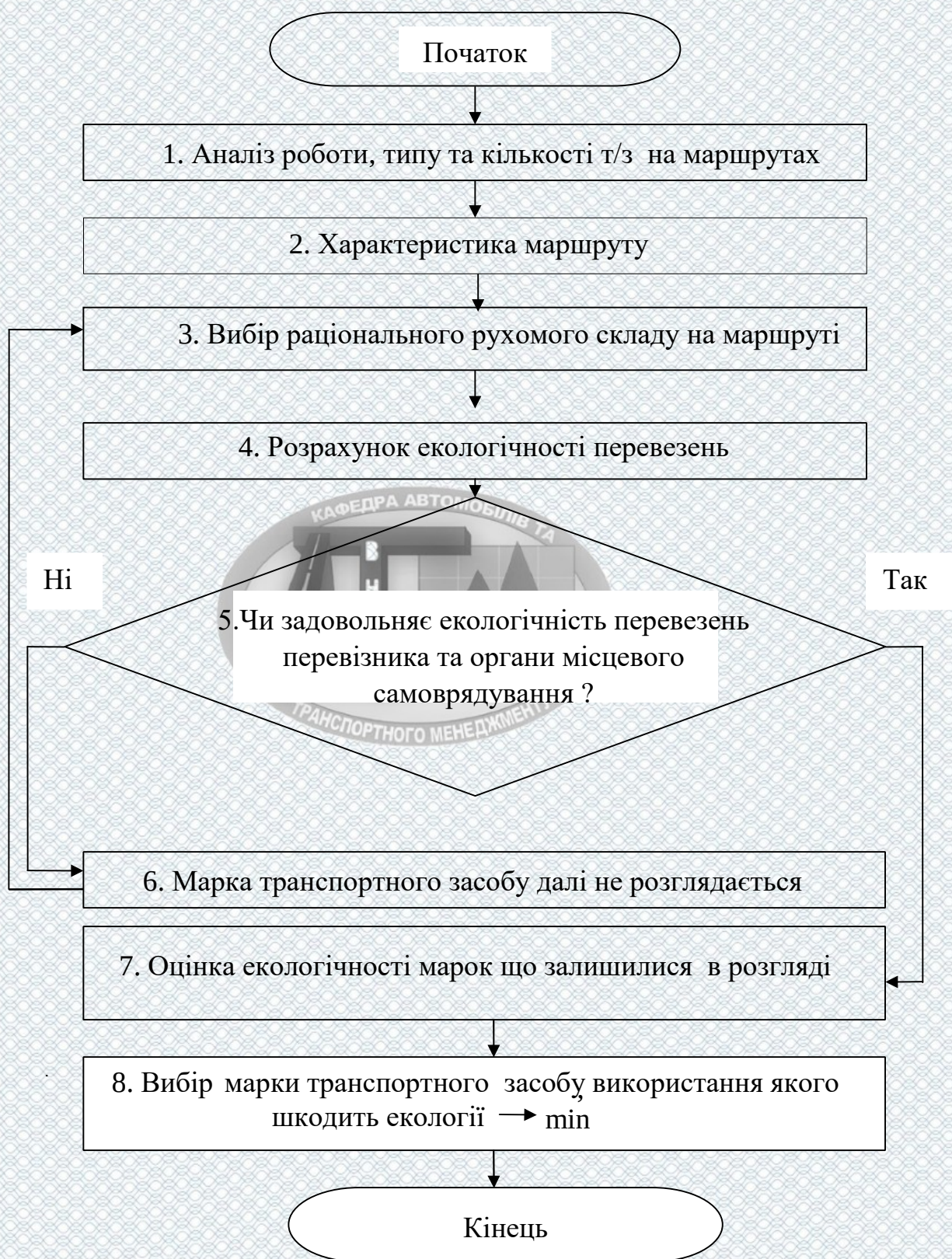


Рисунок 2.7 – Схема алгоритму моделювання процесу вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста

Даний підхід вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста передбачає послідовне вирішення завдань наведених на рисунку 2.6 з використанням розроблених у роботі і наведених у фаховій літературі моделей і методик.

Основним параметром, що визначає потоки пасажирів у містах, є кореспонденції між транспортними районами міста, що є змінними в часі доби, дня тижня, пори року.

Відносна постійність і закономірність транспортних кореспонденцій у містах разом з постійно діючими маршрутами обумовлює наявність закономірно змінних потоків пасажирів.

Пасажиропотік – це кількість пасажирів, які прямують у визначеному напрямку чи перетині транспортного сполучення в одиницю часу.

Для оцінки коливань пасажиропотоків у часі й просторі використовують показники чи коефіцієнти нерівномірності [25, 31-33].

Сезонна нерівномірність пасажиропотоків оцінюється коефіцієнтом сезонної нерівномірності $k_{сн}$ [32]:

$$k_{сн} = \frac{Q_{mi}}{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^n Q_{mi}}, \quad (2.31)$$

де Q_{mi} – обсяг перевезень за i -тий місяць, пас.

Коливання пасажиропотоків за днями тижня характеризуються коефіцієнтом нерівномірності $k_{ндт}$, який визначається за формулою [32]:

$$k_{ндт} = \frac{Q_{di}}{\frac{1}{7} \sum_{i=1}^n Q_{di}}, \quad (2.32)$$

де Q_{di} – обсяг перевезень в i -тий день тижня, пас.

Характер зміни пасажиропотоків за днями тижня більш стійкий, ніж за місяцями року. На нього впливають такі фактори, як режими роботи підприємств, близькість свят та ін.

Кількісне коливання пасажиропотоків протягом доби оцінюється коефіцієнтом денної нерівномірності [32]:

$$k_{нд} = \frac{Q_{max}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (2.33)$$

де Q_{max} – максимальний годинний обсяг перевезень, пас.;

n – кількість годин функціонування пасажирської маршрутної мережі.

Пасажиропотоки змінюються і протягом будь-якої години періоду перевезень пасажирів. Ці коливання оцінюються коефіцієнтом внутрішньо-годинної нерівномірності. Ступінь нерівномірності пасажиропотоків оцінюється за допомогою коефіцієнта нерівномірності. Він визначається відношенням максимальної потужності пасажиропотоку Q_{max} за певний період часу до середньої потужності пасажиропотоку Q_{cp} за той же період [32]:

$$k_n = \frac{Q_{max}}{\bar{Q}}, \quad (2.34)$$

де Q_{max} – максимальна потужність пасажиропотоку за i -й період, пас.;

$\bar{Q}$ – середня потужність пасажиропотоку за i -й період, пас.

Пасажиropoтoкu змінюються не тільки в часі, а й у просторі, вони нерівномірні за напрямками та довжиною маршрутів. Нерівномірність пасажиропотоків за довжиною маршруту характеризується коефіцієнтом нерівномірності пасажиропотоків за довжиною маршруту, або коефіцієнтом ефективності маршруту [32]:

$$k_{nl} = \frac{F_{max} \sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n F_i l_i}, \quad (2.35)$$

де F_{max} – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас.;

l_i – довжина i -го перегону маршруту, км;

n – кількість перегонів на маршруті.

Потрібну кількість автобусів для роботи на маршруті можна визначити через інтервал руху автобусів:

$$A = \frac{t_{об}}{I}, \quad (2.36)$$

де $t_{об}$ – час оборотного рейсу, год.;

I – інтервал руху транспортних засобів на маршруті, год.

Підставили у формулу (2.36) значення I :

$$I = \frac{q_n \cdot \gamma_{вп}}{F_{max}} \quad (2.37)$$

де q_n – номінальна місткість транспортного засобу, пас.;

$\gamma_{вп}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

F_{max} – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас./год.

$$F_{max} = \max(\forall F_k) \quad (2.38)$$

де F_k – пасажиропотік на k -й ділянці маршруту, пас./год;

k – номер ділянки маршруту за зворотнім рейсом, тобто за прямим і зворотнім напрямом отримаємо



(2.39)

Оцінка екологічної складової перевезень може бути проведена різними методами, такими як вимірювання витрати палива, що може бути перетворено на питому кількість викидів шкідливих речовин, спрямованих на одиницю відстані.

Дослідження [43-44] вказують на те, що в середньому автобус великого класу викидає близько 332 г/км шкідливих речовин, що майже в 2,6 рази більше, ніж у випадку автобуса особливо малого класу, чиї викиди становлять приблизно 125 г/км.

Проте, коли перерахувати викиди на одного пасажир, ситуація змінюється. Наприклад, при середній наповнюваності автобуса великого класу 42 пасажир, а автобуса особливо малого класу - 12, викиди на пасажир складуть відповідно 7,91 г/пас та 10,42 г/пас, що є на 1,3 рази вище, ніж для автобуса великого класу.

Визначення викидів шкідливих речовин можна провести, знаючи витрату палива транспортним засобом. Однак розрахунки цієї витрати за допомогою загальних теоретичних методів трудомісткі та вимагають обширних вихідних даних. Тому можна

використовувати рівняння, що виражає залежність між швидкістю сполучення і факторами, які впливають на безпеку руху, для визначення коефіцієнта складності маршруту. З цим коефіцієнтом можна обчислити витрату палива, що, в свою чергу, дозволяє розрахувати викиди шкідливих речовин маршрутними таксі порівняно з громадським міським транспортом. Якщо оцінити складність маршруту за параметрами, такими як швидкість сполучення (V_c), маса автомобіля (M) і поздовжній нахил профілю дороги (P), то коефіцієнт складності матиме такий вигляд:

$$k_m = a_0 + a_1 \cdot V_c + a_2 \cdot M \cdot P, \quad (2.40)$$

де M – маса автомобіля;

a_0, a_1, a_2 – постійні коефіцієнти при рівнянні регресії;

P – коефіцієнт, що характеризує поздовжній нахил профілю дороги.

Знаючи коефіцієнт складності та значення годинної витрати палива (з технічного паспорту транспортного засобу) можна визначити витрату палива на маршруті:

$$Q_{\text{пал}} = b_0 + b_1 \cdot q_m \cdot k_m, \quad (2.41)$$

де q_m – годинна витрата палива;

b_0, b_1 – постійні коефіцієнти при рівнянні регресії.

Отже, це дозволяє перейти до вивчення питомих викидів шкідливих речовин, зведених до CO , і вирішення питань, пов'язаних з екологічною складовою перевезень.

Для визначення критерію екологічної складової перевезень ми будемо використовувати методику, яка описана в роботі [45]. Цей підхід передбачає визначення масового викиду шкідливих речовин всіма учасниками транспортного процесу, зокрема рухом транспортного засобу на вулично-дорожній мережі.

Викиди шкідливих речовин для конкретного маршруту можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$M^M = g_l \cdot L_m + g_{xx} \cdot t_{xx}, \quad (2.42)$$

де g_{xx} - питомі викиди шкідливих речовин при роботі двигуна на холостому ході, г/хв;

g_l - питомі викиди шкідливих речовин при русі по за маршрутом, г/км;

t_{xx} – час роботи двигуна на холостому ході;

L_m – протяжність маршруту, км.

Визначимо максимально допустимі викиди шкідливих речовин на маршруті:

$$G_M = \frac{M^M \cdot \alpha \cdot N}{60 \cdot t_M} \quad (2.43)$$

де N – кількість автомобілів;

α – коефіцієнт випуску автомобілів;

t_M – час руху автомобілів за маршрутом, хв.

Щоб розрахувати допустимі інтенсивності викидів шкідливих речовин можна використати формулою, яка враховує закономірності розсіювання і формування шкідливих домішок токсичних речовин в повітрі [46]:

$$Q_{\text{доп}} = \frac{3,6 \cdot C_{\text{мр}} \cdot u \cdot A}{D \cdot y \cdot Z \cdot (1 - \Delta_{\text{зн}})} \quad (2.44)$$

де u та y - швидкість та коеф. стабільності вітрового потоку, відповідно. В умовах міста швидкість може бути рівна 1-2 м/с, коефіцієнт стабільності від 0,7 до 1,0;

$C_{\text{мр}}$ – допустима концентрація токсичних речовин в повітрі;

A - коефіцієнт щільності забудови, при відносній протяжності розривів між будівлями 10-19% і 20-29%, відповідно 0,65 і 0,75;

D - коефіцієнт поверховості (будинки в 5-7 поверхів – 0,8; 12 поверхів – 0,7);

Z – це показник віддаленості краю тротуару від середини смуги змішаного руху по магістралі. Цей показник приймає значення 1,0 на середині проїзної частини, 0,9-0,8 при віддаленості від 5 м (якщо є 1-2 смуги руху в одному напрямку), 0,7-0,5 при віддаленості від 5 до 10 м (з 2-3 смугами руху), та 0,4-від 10 до 30 м (з 3-4 смугами руху).

$\Delta_{\text{зн}}$ – це частка зниження рівня загазованості, забезпечена зеленими насадженнями. При ширині смуги посадок в 5 м, 10 м та 20 м зниження рівня загазованості становить відповідно 0,24, 0,57 та 0,65 (за зимового періоду захисні властивості зменшуються, тому рекомендується зменшувати значення $\Delta_{\text{зн}}$ в 3-4 рази).

Отже, коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень на маршруті, можна визначити за наступною формулою:

$$K_{ек} = \frac{Q_{доп}}{G_M} \quad (2.45)$$

Відповідно до вищезазначених формул, може виникнути враження, що при використанні електротранспорту можна досягти відношення $K_{ек} \rightarrow 1$, оскільки не виникає викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Однак важливо відзначити, що електротранспорт є джерелом значних електромагнітних випромінювань і коливань низької і високої частоти, які впливають на організм людини.

Механізм цього впливу полягає в тому, що в електричному полі атоми і молекули, з яких складається людське тіло, поляризуються, а полярні молекули, наприклад, води, орієнтуються в напрямку поширення електромагнітного поля. В електролітах, таких як рідкі компоненти тканин, крові та міжклітинної рідини, за наявності зовнішнього поля виникають іонні струми.

Ці струми прямо впливають на нервову систему, змінюють орієнтацію клітин або ланцюгів молекул у відповідності до напрямку силових ліній електричного поля, біохімічну активність білкових молекул та склад крові. Спостерігаються зміни вуглеводневого, білкового та мінерального обміну речовин. Однак ці зміни є функціональними та оборотними; достатньо припинити опромінення недопустимого рівня - і ці явища зникають.

Крім того, важливо враховувати, що виробництво електричної енергії призводить до екологічних втрат в іншому місці. Таким чином, стверджувати, що електротранспорт не забруднює навколишнє середовище, нецільова, оскільки забруднення відбувається в іншому місці.

Відповідно до алгоритму (рис. 2.7) перевізнику для роботи на маршруті пропонується обрати громадський електричний автобус пасажиромісткістю 55 чол. марки Isuzu NovoCiti VOLT, що найменше стомлює пасажирів і відповідає екологічним вимогам перевізника.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Визначено перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця з акцентом на впровадження електричних автобусів, що дозволяє зменшити шкідливі викиди в атмосферу та підвищити енергоефективність транспортної системи.
2. Досліджено систему міського пасажирського транспорту, як ключову складову забезпечення мобільності населення в місті. Система включає маршрутну мережу, рухомий склад, транспортну інфраструктуру та засоби управління, які працюють у взаємозв'язку для задоволення потреб пасажирів у швидких, комфортних і безпечних перевезеннях.
3. Проаналізовано сучасні методи вдосконалення процесу перевезень пасажирів у міському транспорті, зокрема впровадження електричних автобусів, що дозволяє знизити рівень шкідливих викидів, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити екологічність перевезень.
4. Розглянуто техніко-експлуатаційні параметри роботи маршрутів міського транспорту та їх вплив на ефективність перевезень.
5. Розроблено математичну модель вибору автотransпортного засобу для роботи на маршрутах міста, яка враховує ключові показники екологічності та економічності.
6. Запропоновано алгоритм вибору раціонального автотransпортного засобу для міських маршрутів, що дозволяє обґрунтовано приймати рішення щодо модернізації рухомого складу.

3 АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАРШРУТНИХ ТАКСІ, ХАРАКТЕРИСТИКА МАРШРУТУ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

3.1 Аналіз типу і кількості маршрутних таксі, їх робота на маршрутах

Станом на 17.09.2024 р. в мережі маршрутних таксі м. Вінниця нараховується 280 автобусів, включаючи резервні транспортні засоби, з них:

1. Mercedes-Benz (моделі Sprinter, 308D, 308CDI, 310, 310D, 311CDI, 312, 312D, 313, 313D, 313CDI, 316CDI, 411CDI, 412D, 413CDI) – 176 одиниць.
2. Volkswagen (моделі LT, LT35, LT35D, LT46) – 31 одиниця.
3. Богдан (моделі A091, A092, A09201, A09202, A09211, A09212, A09302) – 73 одиниці.

Таблиця 3.1 – Тип і кількість маршрутних таксі

№ м-ту	Назва маршруту	Кількість ТЗ на лінії	Тип ТЗ на маршруті (вищезазначені моделі)
1	2	3	4
1А	Пл. Перемоги — Педколедж	4	Mercedes-Benz
2А	Пл. Перемоги — Вул. Якова Шепеля	4	Mercedes-Benz
2Б	Пл. Шкільна — Селище Десна	15	Mercedes-Benz, Volkswagen
3А	1-й пров. Київський — Вул. Гонти — Вул. Північна	12	Mercedes-Benz, Volkswagen
3Б	Пл. Наливайка — Тяжилів (Вінниччина-Авто)	8	Mercedes-Benz, Volkswagen
5А	П'ятничани — с. Шкуринці	8	Mercedes-Benz, Volkswagen
7А	Вул. Якова Шепеля — Ринок «Урожай»	3	Mercedes-Benz
8А	МПМ «Зоря» — с. Вінницькі Хутори (Об'їзна дорога)	10	Богдан

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
8Б	Вул. Бучми — П'ятничани	11	Mercedes-Benz, Volkswagen
9А	Залізничний вокзал — Хутір Шевченка	2	Богдан
10А	Корея — с. Агрономічне	12	Mercedes-Benz, Volkswagen
11Б	Корея — Пирогово — Барське шосе (Садове)	4	Mercedes-Benz
12А	Західний автовокзал — Сабарів	6	Mercedes-Benz
14А	Пл. Перемоги — Дитячий санаторій	4	Mercedes-Benz, Volkswagen
16А	Вінницяоблводоканал — Барське шосе (Медмістечко)	12	Богдан
17А	Вул. Лугова — ТЦ «Метро»	15	Mercedes-Benz, Volkswagen
18А	Західний автовокзал — Пирогово — Аграрний університет	7	Mercedes-Benz
19А	Центральний автовокзал — с. Вінницькі Хутори (вул. Покровська)	2	Богдан
19Б	Центральний автовокзал — с. Вінницькі Хутори (вул. Незалежності)	2	Богдан
20А	Вул. Сергія Зулінського — Тяжилів (вул. Лугова)	15	Богдан
21А	Педколедж — Ринок «Урожай»	7	Mercedes-Benz
22А	Лікарня ім. Ющенка — Залізничний вокзал	8	Mercedes-Benz, Volkswagen
23А	Вул. Андрія Первозванного – Залізничний вокзал	15	Mercedes-Benz, Volkswagen
28А	Вінницяоблводоканал (адмінбудівля) — Вишенька	9	Богдан
29А	Пирогово — Залізничний вокзал	8	Mercedes-Benz, Volkswagen
30А	Центральний автовокзал — с. Щітки	2	Богдан
30Б	Центральний автовокзал — с. Писарівка	2	Богдан
31А	Корея — Залізничний вокзал	2	Богдан, Volkswagen
	ВСЬОГО	209	

Таблиця 3.2 – Інформація по автобусних маршрутах в режимі маршрутного таксі (опитування перевізників) від 21.05.2024 р.

Маршрут	Час рейсу, хв		Міжрейсовий відстій, хв			Середня кількість оборотних рейсів за день	Середня щоденна витрата пального на 1 ТЗ, л
	Пік	Поза пік	Будні, пік	Будні, поза пік	вихідні		
1А	13-16	15	10	20	10-20	12	30-40
2А	13-16	15	10	20	10-20	12	30-40
2Б	35	35	5-10	40	30	6-7	25-30
3А	40-60	40-60	0-2	7-20	15	7	30
3Б	45	35	0-8	8	15	7-8	18-22
5А	45	45	12	12	10	10-11	30-32
7А	20	20	5	15	15	12	25
8А	40	40	3	10-15	10	9-10	43
8Б	40	40	5-10	120	20	10	35
9А	30	30	5	5	5	10	40-45
10А	45	45	15	30	30	6	25-30
11Б	40	35	10	10-15	10	10	30
12А	30	30	10	10-15	10	13	30-35
14А	13-16	15	10	20	10-20	12	30-40
16А	50	45	5	30	30	5-6	35
17А	60	60	0	15-20	20	7-8	30-35
18А	30	25	6	10	25	10	27
19А	45	45	0	10	15	11	42-45
19Б	50	50	0	5	5	9	40-43
20А	45	45	10	30	30	7-8	45
21А	20	20	5	25	30	10	30
22А	30	20	0	20	20	10	30
23А	35	35	7	30	20	6	24
28А	15	15	5	30	30	8-10	30
29А	50	50	0	5	5	6	32
30А	45	45	5	5	5	9	45
30Б	45	45	5	5	5	9	45
31А	40	40	0	10	10	10	38-40

Таблиця 3.3 – Заходи технічного обслуговування:

	Назва	Частота проведення на рік, разів
1	ТО-1	Через 5 тис. км – 12 разів
2	ТО-2	2
3	ремонт	10
4	капітальний ремонт	1 раз/ 5 років

Таблиця 3.4 – Розрахунок показників щоденного пробігу та витрат пального

Маршрут	Середня кількість оборотних рейсів за день (1ТЗ)	Протяжність оборотного рейсу, км	Середньодобовий пробіг 1 ТЗ, км	Кількість на маршруті	Середньодобовий пробіг всіх ТЗ на маршруті, км	Пальне на всі ТЗ, л
1	2	3	4	5	6	7
1А	12	11,6	139,2	4	556,8	140
2А	12	10,8	129,6	4	518,4	140
1	2	3	4	5	6	7
2Б	7	25,8	180,6	15	2709	405
3А	7	25,2	176,4	12	2116,8	360
3Б	8	22	176	8	2112	240
5А	10	22,8	228	8	1596	217
7А	12	15,0	180	3	540	75
8А	10	18,8	188	10	1880	430
8Б	10	25,8	258	11	2580	350
9А	10	11,6	116	2	232	85
10А	6	30,4	182,4	12	2006,4	297
11Б	10	21,6	216	4	864	120
12А	13	16	208	6	1248	192
14А	12	15	180	4	720	140
16А	5	29	145	12	1740	420
17А	7	31	217	15	3255	480
18А	10	17,6	176	7	1056	162
19А	11	20,2	222,2	2	666,6	129
19Б	9	22,2	199,8	2	599,4	126

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
20A	7	34,8	243,6	15	3410,4	630
21A	10	13	130	7	780	180
22A	10	14,4	144	8	1008	210
23A	6	26,8	160,8	15	2572,8	384
28A	8	20	160	9	1440	348
29A	6	25,6	153,6	8	768	160
30A	9	28,2	253,8	2	761,4	135
30Б	9	29,4	264,6	2	793,8	135
31A	10	15	150	2	300	78
Всього				209	38830,8	6768
Середньодобовий пробіг 1 ТЗ, км					185,8	
Середня витрата пального на 1 ТЗ, л						32,4

3.2 Характеристика міського маршруту маршрутного таксі 17А м. Вінниці

Маршрутне таксі 17А, карта маршруту наведена на рисунку 3.1, загальна характеристика представлена в таблиці 3.5, від торгового центру "Метро" по Барському шосе до кінцевої зупинки вулиці Лугова (в зворотному напрямку) – є важливим міським маршрутом транспортної мережі міста, який проходить через її центральну частину, одночасно з'єднуючи три основні райони (Ленінський, Староміський та Замостянський), три автовокзали (Західний, Центральний і Східний) та три шосе (Барське, Хмельницьке та Немирівське). Його ключова перевага полягає у з'єднанні західних і східних районів міста з центральною частиною, що дозволяє пасажиром швидко і зручно дістатися до роботи, навчання, лікарень, торгових центрів, ринків тощо. Завдяки регулярному інтервалу руху (5-20 хвилин), довжині маршруту 15,5 км, кількості зупинок 32-33 (в залежності від напрямку) та широкому охопленню житлових і комерційних зон – маршрут є одним із популярних у Вінниці.

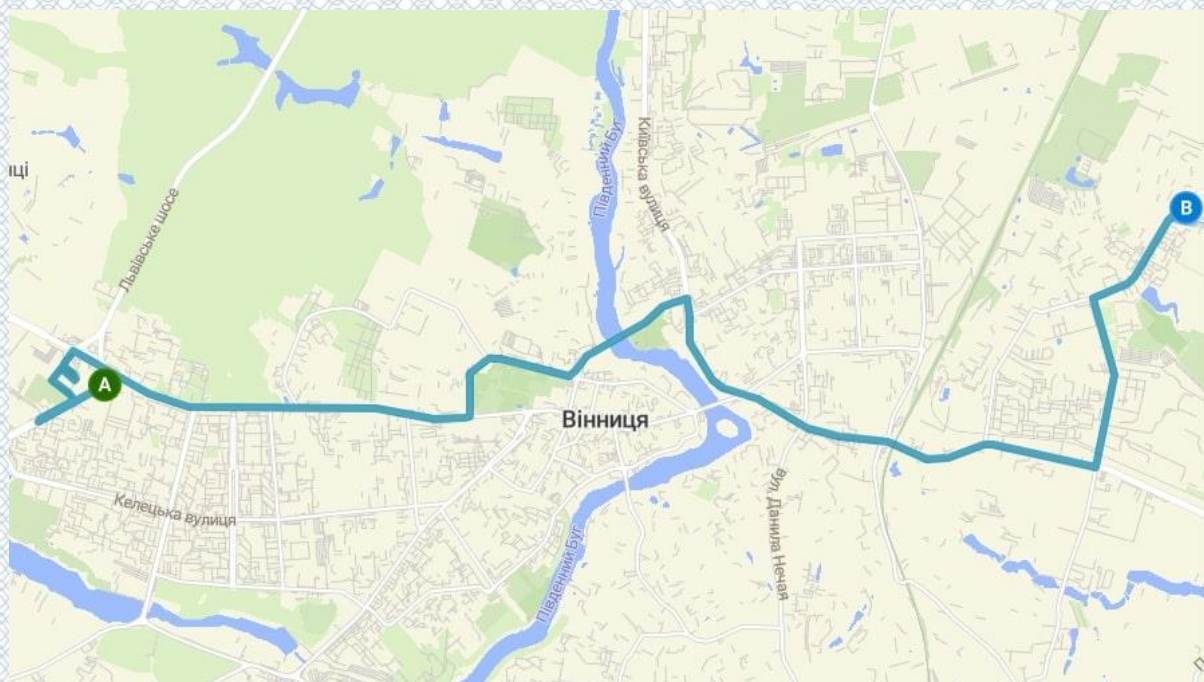


Рисунок 3.1 – Маршрут № 17А на карті

Основними пасажироутворюючими пунктами (місця, де зазвичай утворюються великі потоки пасажирів) маршруту є торгові центри, ринки, автовокзали та зони високої ділової активності. Початковим пасажироутворюючим пунктом є зупинка біля ТЦ "МЕТРО", далі маршрутне таксі слідує по Барському шосе, яке водночас також є зупинкою, продовжуючи рух попід Західний автовокзал в напрямку Хмельницького шосе охоплює наступні зупинки: Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня, Технічний університет, Лісопарк, Палац школярів, пл. Василя Стуса, після чого рухається в напрямку вул. Київської до автовокзалу "Центральний", далі прямує в напрямку Немирівського шосе, охоплюючи: вул. Замостянська, вул. Привокзальна, вул. Гетьмана Мазепи, автовокзал "Східний", Ринок "Мрія" та закінчуючи кінцевою зупинкою вул. Лугова.

Основними пасажиропоглинаючими пунктами (місця, куди пасажирів найчастіше прямують та куди значна частина пасажиропотоку потрапляє), місцями де пасажирів

завершують свою поїздку є наступні: Барське шосе, Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня, Технічний університет, Лісопарк, Палац школярів, пл. Василя Стуса, пл. Героїв Майдану, вул. Чорновола, автовокзал "Центральний", вул. Замостянська, вул. Привокзальна, вул. Гетьмана Мазепи, автостанція "Східна", Ринок "Мрія" та кінцева зупинка вул. Лугова.

Таблиця 3.5 – Загальна характеристика маршруту № 17А

№	Параметр маршруту	Значення
1	Початкова зупинка	ТЦ «Метро»
2	Кінцева зупинка	Вул. Лугова
3	Вид маршруту	Маятниковий
4	Довжина маршруту по дорозі, км	15.5
6	Коефіцієнт непрямолінійності маршруту	1.44
7	Кількість перегонів маршруту у прямому напрямку	33
8	Кількість перегонів маршруту у зворотному напрямку	32
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0.50
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0.44

Перелік зупинок та відстань між ними на маршруті № 17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Зупинки і перегони маршруту № 17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро»

№	Зупинки (прямий напрямок)	Відстань, км	№	Зупинки (зворотній напрямок)	Відстань, км
1	2	3	4	5	6
1	вул. Лугова	0	1	ш. Барське	0
2	вул. Степана Тимошенка	0.26	2	вул. Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня	0.50
3	Ринок "Мрія"	0.40	3	Технічний університет	0.23
4	ВІЗ	0.40	4	Лісопарк	0.75

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6
5	вул. Промислова	0.35	5	вул. Праведників світу	0.45
6	на вимогу	0.45	6	ім. Музики	0.50
7	вул. Олега Антонова	0.30	7	Палац школярів	0.24
8	Вінницький авіаційний завод	0.22	8	вул. Данила Галицького	0.30
9	вул. Гетьмана Мазепи	0.45	9	пл. Василя Стуса	0.60
10	вул. Волошкова	0.60	10	вул. Пугачова	0.28
11	вул. Максима Шимка	0.30	11	вул. Лесі Українки	0.40
12	вул. Зої Ткаченко	0.80	12	пл. Героїв Майдану	0.60
13	вул. Привокзальна	0.50	13	вул. В'ячеслава Чорновола	1.20
14	вул. Олександра Довженка	0.45	14	вул. Стрілецька	0.40
15	вул. Замостянська	0.30	15	вул. Стеценка	0.50
16	Автовокзал "Центральний"	0.65	16	Автовокзал "Центральний"	0.40
17	вул. Стеценка	0.45	17	вул. Ім. Генріха Лютворта	0.45
18	вул. В'ячеслава Чорновола	0.70	18	вул. Замостянська	0.40
19	пров. Ісмаїла Гаспринського	0.29	19	вул. Привокзальна	0.55
20	пл. Героїв Майдану	1.20	20	вул. Зої Ткаченко	0.55
21	вул. Лесі Українки	0.55	21	вул. Максима Шимка	0.65
22	вул. Пугачова	0.40	22	вул. Волошкова	0.40
23	пл. Василя Стуса	0.26	23	вул. Гетьмана Мазепи	0.40
24	вул. Данила Галицького	0.75	24	Вінницький авіаційний завод	0.45
25	Палац школярів	0.29	25	вул. Олега Антонова	0.25
26	ім. Музики	0.28	26	на вимогу	0.35
27	Завод "Аналог"	0.35	27	вул. Промислова	0.40

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6
28	Лісопарк	0.50	28	ВІЗ	0.40
29	Технічний університет	0.80	29	Автостанція "Східна"	0.19
30	вул. Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня	0.40	30	Ринок "Мрія"	0.35
31	ТЦ "Метро"	1	31	вул. Степана Тимошенка	0.28
32	вул. Стельмаха	0.65	32	вул. Лугова	0.30
33	ш. Барське	0.70			

Перевезення пасажирів на маршруті № 17А здійснюється транспортними засобами Mercedes-Benz Sprinter (рис. 3.2) та Volkswagen LT (рис. 3.3), у кількості 15 одиниць. Техніко-експлуатаційні характеристики цих автобусів наведено в таблицях 3.7 і 3.8.



Рисунок 3.2 – Mercedes-Benz Sprinter



Рисунок 3.3 – Volkswagen LT

Таблиця 3.7 – Техніко-експлуатаційні характеристики Mercedes-Benz Sprinter

№	Параметр	Значення
1	Марка	Mercedes
2	Модель	Mercedes - Sprinter-312
3	Тип транспортного засобу	Автобус
4	Клас транспортного засобу	Малий
5	Тип двигуна	Дизельний
6	Вид пального	Диз. паливо
7	Витрата палива, л/100 км	13
8	Пасажиromісткість максимальна, пас	19
9	Пасажиromісткість номінальна, пас	19
10	Пасажиromісткість (сидячі), пас	19
11	Кількість дверей для посадки(висадки) пасажирів, од.	1
12	Середня тривалість посадки(висадки) одного пасажирів, с.	5
13	Довжина, мм	5585
14	Ширина, мм	1933
15	Висота, мм	2570

Техніко-експлуатаційні характеристики Volkswagen LT представлено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Техніко-експлуатаційні характеристики Volkswagen LT

№	Параметр	Значення
1	Марка	Volkswagen
2	Модель	Volkswagen - LT35
3	Тип транспортного засобу	Автобус
4	Клас транспортного засобу	Малий
5	Тип двигуна	Дизельний
6	Вид пального	Диз. паливо
7	Витрата палива, л/100 км	12
8	Пасажиromісткість максимальна, пас	19
9	Пасажиromісткість номінальна, пас	19
10	Пасажиromісткість (сидячі), пас	19
11	Кількість дверей для посадки(висадки) пасажирів, од.	1
12	Середня тривалість посадки(висадки) одного пасажирів, с.	5
13	Довжина, мм	5585
14	Ширина, мм	1933
15	Висота, мм	2570

Пасажиroomіг та пасажиропотік на маршруті №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» представлено в таблиці 3.9 (для прямого напрямку) та в таблиці 3.10 (для зворотного напрямку).

Таблиця 3.9 - Пасажирообіг і пасажиропотік в прямому напрямку

№	Зупинки (прямий напрямок)	Зайшли, пас.	Вийшли, пас.	Пас. обіг зупинки, пас.	Пас. потік сум., пас.	Пас. потік макс., пас.
1	2	3	4	5	6	7
1	вул. Лугова	268	0	268	268	32
2	вул. Степана Тимошенка	151	35	186	384	28
3	Ринок "Мрія"	76	24	100	436	19
4	ВІЗ	124	8	132	552	14
5	вул. Промислова	95	10	105	637	22
6	на вимогу	76	32	108	681	17
7	вул. Олега Антонова	42	47	89	676	20
8	Вінницький авіаційний завод	67	19	86	724	18
9	вул. Гетьмана Мазепи	195	135	330	784	34
10	вул. Волошкова	104	89	193	799	30
11	вул. Максима Шимка	64	47	111	816	25
12	вул. Зої Ткаченко	58	96	154	778	21
13	вул. Привокзальна	124	204	328	698	27
14	вул. Олександра Довженка	35	140	175	593	18
15	вул. Замостянська	157	223	380	527	24
16	Автовокзал "Центральний"	243	196	439	574	34
17	вул. Стеценка	54	45	99	583	21
18	вул. В'ячеслава Чорновола	165	254	419	494	27
19	пров. Ісмаїла Гаспринського	48	84	132	458	16
20	пл. Героїв Майдану	87	348	435	197	24
21	вул. Лесі Українки	60	208	128	189	15
22	вул. Пугачова	71	193	95	236	13
23	пл. Василя Стуса	125	66	250	236	18

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7
24	вул. Данила Галицького	147	151	192	338	22
25	Палац школярів	57	74	131	321	27
26	ім. Музики	96	34	130	383	14
27	Завод "Аналог"	105	67	172	421	16
28	Лісопарк	62	140	202	343	9
29	Технічний університет	88	109	197	322	17
30	вул. Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня	36	75	111	283	23
31	ТЦ "Метро"	48	268	316	63	8
32	вул. Стельмаха	24	59	83	28	14
33	ш. Барське	0	28	28	0	0

Таблиця 3.10 – Пасажирообіг і пасажиропотік в зворотному напрямку

№	Зупинки (прямий напрямок)	Зайшли, пас.	Вийшли, пас.	Пас. обіг зупинки, пас.	Пас. потік сум., пас.	Пас. потік макс., пас.
1	2	3	4	5	6	7
1	ш. Барське	421	0	421	421	33
2	вул. Вінницька обласна дитяча клінічна лікарня	126	39	165	508	25
3	Технічний університет	92	56	148	544	21
4	Лісопарк	71	34	105	581	17
5	вул. Праведників світу	154	48	202	687	14
6	ім. Музики	67	46	113	708	19
7	Палац школярів	51	63	114	696	24
8	вул. Данила Галицького	84	57	141	723	32

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5	6	7
9	пл. Василя Стуса	111	62	173	772	29
10	вул. Пугачова	51	49	100	774	16
11	вул. Лесі Українки	148	134	282	788	25
12	пл. Героїв Майдану	94	124	218	758	33
13	вул. В'ячеслава Чорновола	174	237	411	695	32
14	вул. Стрілецька	78	128	206	645	24
15	вул. Стеценка	79	64	143	660	14
16	Автовокзал "Центральний"	184	257	441	587	30
17	вул. Ім. Генріха Лютворта	67	84	151	570	15
18	вул. Замостянська	102	145	247	527	24
19	вул. Привокзальна	67	58	125	536	13
20	вул. Зої Ткаченко	41	52	93	525	19
21	вул. Максима Шимка	58	74	132	509	22
22	вул. Волошкова	74	35	109	548	27
23	вул. Гетьмана Мазепи	59	248	307	359	32
24	Вінницький авіаційний завод	47	32	79	374	21
25	вул. Олега Антонова	51	49	100	376	16
26	на вимогу	25	57	82	344	14
27	вул. Промислова	21	35	56	330	12
28	ВІЗ	48	22	70	356	11
29	Автостанція "Східна"	34	185	219	205	20
30	Ринок "Мрія"	19	42	61	182	18
31	вул. Степана Тимошенка	48	36	84	194	11
32	вул. Лугова	0	194	194	0	0

Техніко-експлуатаційні показники маршруту №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 - Техніко-експлуатаційні показники маршруту

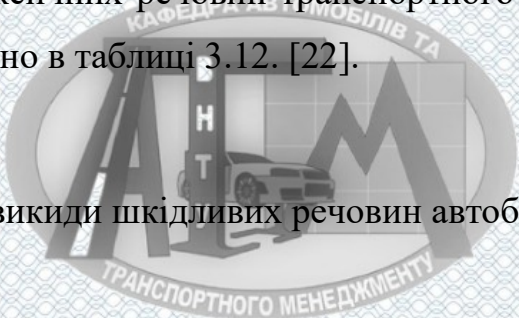
№	Параметр	Оборотний рейс	Рейс прямого напрямку	Рейс зворотного напрямку
1	Кількість рейсів	120	62	58
2	Всього перевезено пасажирів, пас.	5898	2746	3152
3	Транспортна робота, пас-км	29449.40	14004.60	15444.80
4	Тривалість рейса, год	1.6	0.8	0.8
5	Середня технічна швидкість, км/год	24.45	24.48	24.41
6	Швидкість сполучення, км/год		18.37	18.54
7	Експлуатаційна швидкість, км/год	17.38	17.24	17.51
8	Середня відстань їздки пасажирів, км	6.29	6.14	6.44
9	Коефіцієнт змінюваності пасажирів	2.56	2.54	2.65
10	Коефіцієнт використання П/М динамічний	0.46	0.48	0.44
11	Пасажиропотік найбільш завантаженого перегону, пас	34	34	33
12	Час максимального пасажиропотоку		08:24	07:44
13	Зупинка з максимальним пасажиропотоком		Гетьмана Мазепи	пл. Героїв Майдану вул.

3.3 Вибір раціонального рухомого складу на маршруті № 17А

При виборі раціонального рухомого складу для маршруту № 17А м. Вінниці в першу чергу керуємось доцільними габаритними розмірами (табл. 2.1), якими повинно відповідати маршрутне таксі (тобто бути маневреним), не перевантажуючи мережу громадського транспорту (автобуси та тролейбуси зазвичай мають довжину 12 метрів), ємністю акумуляторної батареї та відповідно максимальним запасом ходу для виконання 8 рейсів (табл. 3.2) в день одним автобусом.

Обсяг викидів токсичних речовин транспортного засобу Mercedes-Benz Sprinter на маршруті представлено в таблиці 3.12. [22].

Таблиця 3.12 – Питомі викиди шкідливих речовин автобусами Mercedes-Benz Sprinter



	g_l , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0,159	15,5	$4,9 \cdot 10^{-3}$	0,25
NO_x	0,0228	15,5	$0,35 \cdot 10^{-3}$	0,25
CH	0,152	15,5	$2,55 \cdot 10^{-3}$	0,25
C	0,343	15,5	$7,9 \cdot 10^{-3}$	0,25

Для проведення розрахунків використовуються такі вихідні дані: довжина маршруту складає 15,5 км, а середній час зупинки на кожній зупинці для посадки та висадки пасажирів становить 0,25 хвилини.

Обсяг викидів шкідливих речовин під час експлуатації автобуса на маршруті № 17А визначається за допомогою формули (2.11). Для прикладу розрахуємо обсяг викидів CO (чадного газу) за один рейс Mercedes-Benz Sprinter. Аналогічним чином

виконуються обчислення для інших шкідливих викидів, результати яких підсумовуються та представлені в таблиці 3.13.

$$M_{CO}^M = 0,159 \cdot 15,5 + 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 0,25 = 2,46 \text{ г},$$

Таблиця 3.13 – Викиди шкідливих речовин за один рейс Mercedes-Benz Sprinter

	CO	NO_x	CH	C
Викиди M^M , г	2,46	0,35	2,36	5,32

Сумарні викиди шкідливих речовин одним автобусом Mercedes-Benz Sprinter за один рейс за маршрутом № 17А становлять:

$$M_{\Sigma}^M = 2,46 + 0,35 + 2,36 + 5,32 = 10,49 \text{ г}.$$

Відповідно до табл. 3.2, за добу автобуси на маршруті № 17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» м. Вінниці здійснюють 120 рейсів, тоді загальні викиди токсичних речовин визначаються:

$$M_D^M = 10,49 \cdot 120 = 1258,8 \text{ г}.$$

Для оцінки рівня екологічної небезпеки автотранспорту слід провести аналіз максимального одноразового викиду шкідливих речовин та визначити допустимі норми, застосовуючи формули 2.12 та 2.13.

$$G_m = 307,71 \text{ г/год}; Q_{\text{доп}} = 222,44 \text{ г/год}.$$

Коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень по маршруті для Mercedes-Benz Sprinter:

$$K_{\text{ек Merc}} = \frac{222,44}{307,71} = 0,72.$$

Як альтернативний транспортний засіб для перевезень на маршруті № 17А запропоновано міський електричний автобус для громадського транспорту Isuzu NovoCiti VOLT (рис. 3.8), габаритні розміри (рис. 3.9) та технічні характеристики в табл. 3.14.

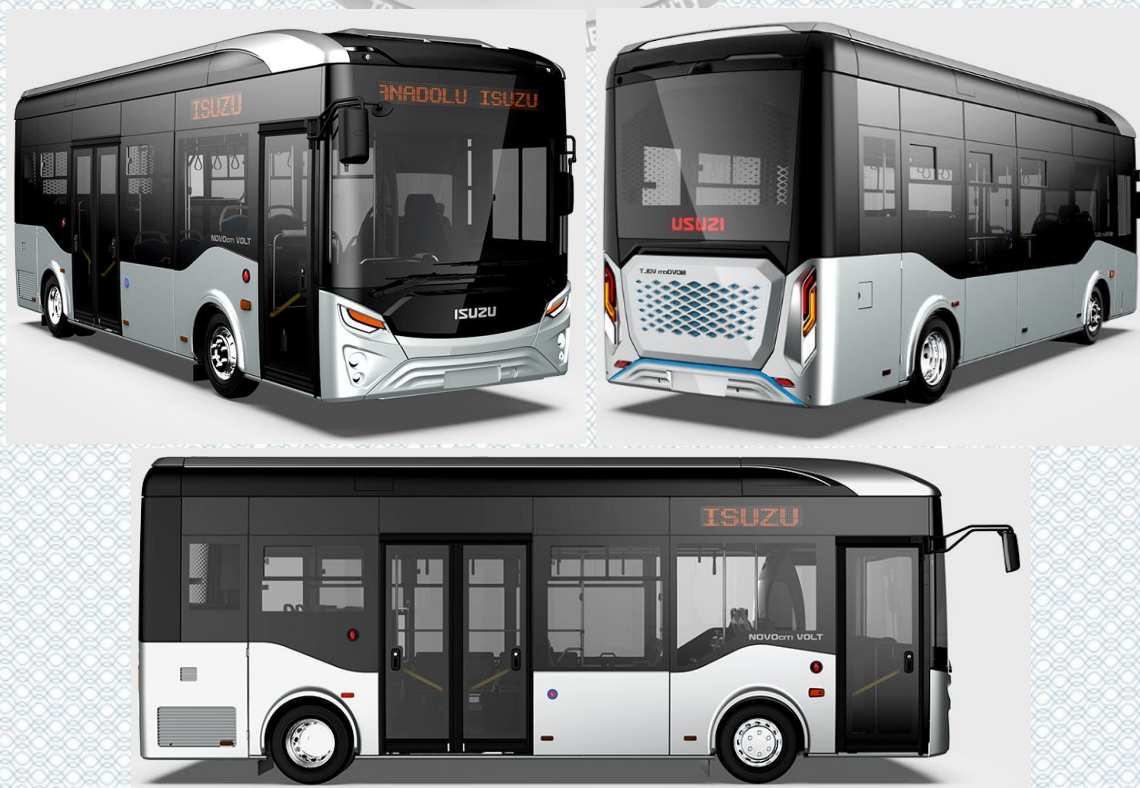


Рисунок 3.8 – Автобус для громадського транспорту Isuzu NovoCiti VOLT

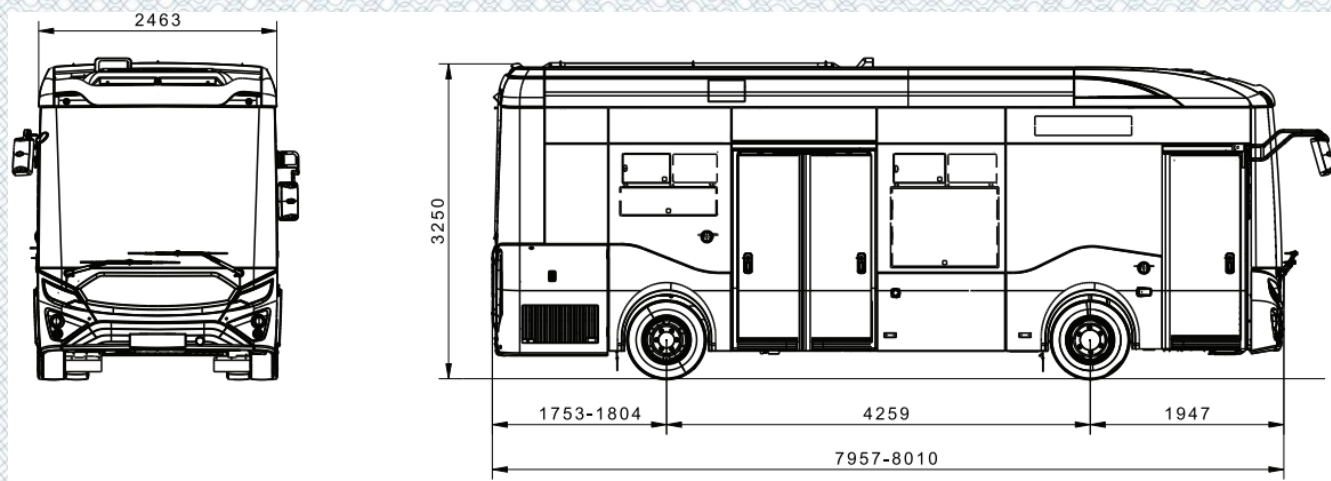


Рисунок 3.9 – Габаритні розміри

Таблиця 3.14 – Технічні характеристики Isuzu NovoCiti VOLT

Параметр	Значення
1	2
Розміри (мм)	
Максимальна довжина	7957, 8010
Максимальна ширина	2463
Максимальна висота	3250
Колісна база	4259
Передній звис	1947
Задній звис	1751, 1804
Вага (кг)	
Повна маса	11600
Система силового агрегату (передачі)	
Тип приводу	електромобіль на акумуляторі
Тип двигуна	Тяговий електродвигун - прямий привід
Модель двигуна	TM4 SumoMD

Продовження табл. 3.14

1	2
Максимальна корисна потужність / безперервна корисна потужність	270 кВт/189 кВт
Максимальний крутний момент / постійний крутний момент	2500 Нм/990 Нм
Електрична система	
Робоча напруга	600 В
Відповідає ЕСЕ-100, версія 2	Так
Тип батареї	Літій-іонний (LFP)
Ємність акумулятора	270 кВт-год
Розташування акумуляторів	Верх транспортного засобу
Дальність	До 400 км
Гарантія на акумулятор	8 років
Система зарядки	
Тип зарядки	АС / DC Тип 2 (CCS Тип 2)
Бортовий зарядний пристрій	Додаткова опція
Потужність	Від мережі змінного струму - 22 кВт, від мережі постійного струму - 150 кВт
Час зарядки	До 2 год при підключенні від мережі; постійного струму; до 8,5 год при підключенні від мережі змінного струму

Продовження табл. 3.14

1	2
Підвіска	
Передня	Жорстка, пневматична 2 пневмобаллони, 2 гідравлічні амортизатори
Задня	Пневмопідвіска, 2 пневмобаллони, 2 гідравлічні амортизатори
Гальмівна система	
Передня/ Задня	Диск / диск
Система	Повністю пневматична з двоконтурною системою з ABS, ASR, EBS та електронною активацією
Стоянкове гальмо	Пневматичний привід, працює на задній осі
Допоміжне гальмо	Уповільнення реверсу двигуна та регенерація гальмування
Сповільнювач	Система регенеративного гальмування
Система рульового управління	
Система	Електрогідравлічний підсилювач керма
Шини	
Розміри	245/70 R17.5
Пасажиromісткість	
Максимальна	55 пасажирів
Стандартний макет	21 сидячі + 4 відкидні сидіння + 29 стоячі

Продовження табл. 3.14

1	2
Макет з інвалідним візком	21 сидячі + 1 інвалідний візок + 29 стоячі
Додатковий макет 1	19 сидячих + 35 стоячі
Додатковий макет 2	19 сидячих + 1 інвалідний візок + 30 стоячі
Двері	
Кількість службових дверей	2
Тип	З переду: одинарні, пневматичні, поворотні всередину З заду: подвійні, пневматичні, поворотні всередину
Пандус для інвалідних візків	Додаткова опція

Для розрахунку коефіцієнта, що відображає екологічність перевезень на маршруті № 17А для автобусів Isuzu NovoCiti VOLT, використовуємо вихідні дані, зведені в таблицю 3.15.

Таблиця 3.15 – Питомі викиди шкідливих речовин автобусами Isuzu NovoCiti VOLT

	g_l , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0	15,5	0	0,25
NO_x	0	15,5	0	0,25
CH	0	15,5	0	0,25
C	0	15,5	0	0,25

Оскільки пасажиромісткість автобуса для громадського транспорту Isuzu NovoCiti VOLT більша ніж у автобуса Mercedes-Benz Sprinter (табл. 3.14 та табл. 3.7), використання Isuzu NovoCiti VOLT дозволяє зменшити кількість транспортних засобів на маршруті. Використовуючи формулу 2.3, розрахована кількість автобусів Isuzu NovoCiti VOLT складе 10 од.

При зміні кількості автобусів зміниться інтервал руху, який визначається за формулою:

$$I = \frac{t_{об}}{A_a} \quad (3.1)$$

Для Mercedes-Benz Sprinter $I_{merc_spr} = 5$ хв, для Isuzu NovoCiti VOLT $I_{isu_novci_volt} = 6$ хв. Таким чином, при використанні автобусів Isuzu NovoCiti VOLT на маршруті №17А спостерігається збільшення інтервалу руху на 1 хв.

Сумарні викиди шкідливих речовин від автобусів Isuzu NovoCiti VOLT та коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті розраховуємо аналогічно:

$$M_{CO}^M = 0 \text{ з,}$$

$$M_{NO_x}^M = 0 \text{ з,}$$

$$M_{CH}^M = 0 \text{ з,}$$

$$M_C^M = 0 \text{ з,}$$

$$M_{\Sigma}^M = 0 \text{ з,}$$

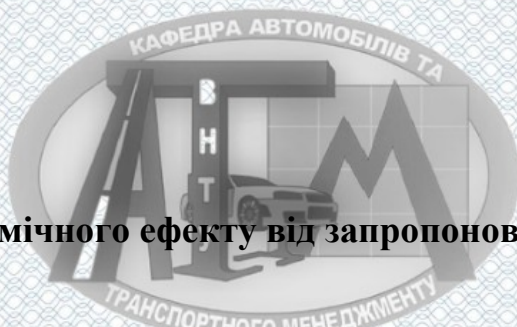
$$M_d^M = 0 \text{ з,}$$

$$G_M = 0 \text{ г/год.}$$

$$K_{ек_novci_volt} = 1.$$

Отже, коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті для автобусів Isuzu NovoCiti VOLT складає 1.

Таким чином, для обслуговування пасажирських перевезень на маршруті № 17А Вул. Лугова — ТЦ «Метро» доцільніше використовувати автобуси Isuzu NovoCiti VOLT. Завдяки їхній більшій пасажиромісткості та відсутності шкідливих викидів, перехід на електричні автобуси сприятиме зниженню екологічного навантаження на міське середовище, підвищить екологічну безпеку перевезень та поліпшить якість повітря в місті.



3.4 Оцінка економічного ефекту від запропонованих рішень

Для оцінки економічного ефекту використання електричного автобуса Isuzu NovoCiti VOLT необхідно розрахувати витрати на перевезення одного пасажирів автобусами Mercedes-Benz Sprinter та Isuzu NovoCiti VOLT, а також витрати протягом року експлуатації цих транспортних засобів. Для цього розрахуємо витрати на паливо/електроенергію для виконання одного рейсу кожним із автобусів:

$$G_{нал} = S \cdot g / 100$$

де S – довжина рейсу;

g – питома витрата палива (ел. енергії) на 1 км шляху

для Mercedes-Benz Sprinter 13 л/100км;

для Isuzu NovoCiti VOLT 53 кВт/100 км.

$$G_{нал_Merc_spr} = 15,5 \cdot 13 / 100 = 2,02 \text{ л.}$$

$$G_{нал_Isu_novci_volt} = 15,5 \cdot 53 / 100 = 8,22 \text{ кВт/год.}$$

На листопад 2024 р. вартість 1 л. дизельного палива складає $B_o = 51,47$ грн, а 1 кВт/год електроенергії для промислового споживання $B_{ел} = 10,16$ грн. Розрахуємо витрати на паливо/ел. енергію за виконання одного рейсу автобусами:

$$B_{нал} = G_{нал} \cdot B_o (B_{ел})$$

$$B_{нал_Merc_spr} = 2,02 \cdot 51,47 = 103,97 \text{ грн.}$$

$$B_{нал_Isu_novci_volt} = 8,22 \cdot 10,16 = 83,52 \text{ грн.}$$

Оскільки автобуси Mercedes-Benz Sprinter мають виконати 120 рейсів, а Isuzu NovoCiti VOLT — 80 рейсів, здійснимо розрахунок витрат за один день:

$$B_{нал_Merc_spr_доба} = 103,97 \cdot 120 = 12476,4 \text{ грн.}$$

$$B_{нал_Isu_novci_volt_доба} = 83,52 \cdot 80 = 6681,6 \text{ грн.}$$

Економія в день буде складати:

$$E = B_{нал_Merc_spr_доба} - B_{нал_Isu_novci_volt_доба} ;$$

$$E = 12476,4 - 6681,6 = 5794,8 \text{ грн/доба.}$$

В рік економія буде складати 2 млн 115 тис. грн

3.5 Висновки до розділу 3

1. На маршрутах маршрутного таксі в місті Вінниця переважно використовуються автобуси Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT, маршрут №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро обслуговується даним рухомим складом. Маршрут №17А був обраний для дослідження, тому що він є важливим для транспортної мережі міста, оскільки проходить через центральну частину, з'єднуючи три основні райони (Ленінський, Староміський та Замостянський), три автовокзали (Західний, Центральний і Східний) та три шосе (Барське, Хмельницьке та Немирівське).

2. Детально проаналізовано техніко-експлуатаційні характеристики маршруту №17А, виявлені особливості його роботи, потреби у транспортних засобах та оптимальні умови для перевезень пасажирів.

3. Визначено раціональний рухомий склад для обслуговування маршруту №17А. Після порівняння різних варіантів, рекомендовано використання електричного автобуса Isuzu NovoCiti VOLT, що є екологічно чистим і економічно вигідним рішенням для даного маршруту.

4. Проведено розрахунок економічного ефекту від заміни діючих автобусів на електричний автобус Isuzu NovoCiti VOLT. Річна економія коштів складе 2 млн 115 тис. грн, що свідчить про доцільність впровадження електробусів на маршруті №17А з точки зору зменшення витрат на пальне та технічне обслуговування.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз організаційної структури та діяльності КП «Вінницька транспортна компанія», визначено основні напрями роботи підприємства. Встановлено, що значущість оновлення рухомого складу, впровадження сучасних електричних автобусів та відповідно підвищення екологічності транспорту є основою для розвитку міських пасажирських перевезень.

2. Розглянуто поточний стан міських пасажирських перевезень та маршрутної мережі міста, яка є важливою складовою транспортної системи, водночас наголошено на необхідності її адаптації до змін у структурі пасажиропотоків, процесів урбанізації та розвитку інфраструктури.

3. Визначено перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця з акцентом на впровадження електричних автобусів, які дозволяють зменшити вплив транспорту на довкілля, підвищити енергоефективність, знизити експлуатаційні витрати та стануть значним кроком у вдосконаленні міської транспортної системи.

4. Досліджено систему міського пасажирського транспорту, як ключову складову забезпечення мобільності населення в місті. Проаналізовано сучасні методи вдосконалення перевезень та розглянуто технічні і експлуатаційні параметри маршрутів, їх вплив на ефективність перевезень.

5. Розроблено математичну модель вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста, яка враховує ключові показники екологічності та економічності. Запропоновано алгоритм вибору раціонального автотранспортного засобу для міських маршрутів, що дозволяє обґрунтовано приймати рішення щодо модернізації рухомого складу.

6. Розглянуто поточний стан маршрутної мережі міста Вінниці, зокрема міський маршрут маршрутного таксі №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро», детально

проаналізовано його техніко-експлуатаційні характеристики, особливості роботи та потреби у транспортних засобах, на даний час експлуатуються переважно автобуси Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT. Даний маршрут відіграє важливу роль у транспортній системі міста так як з'єднує центральну її частину з основними районами (Ленінський, Староміський та Замостянський), вокзалами (Західний, Центральний і Східний), шосе (Барське, Хмельницьке та Немирівське) та транспортними вузлами, забезпечуючи мобільність значної частини пасажиропотоку.

7. Визначено раціональний рухомий склад для обслуговування маршруту №17А. Після порівняння різних варіантів, рекомендовано впровадження електричного автобуса Isuzu NovoCiti VOLT , як екологічно чистого та економічно вигідного рішення для даного маршруту.

8. Проведено розрахунок економічного ефекту від заміни діючих автобусів Mercedes-Benz Sprinter і Volkswagen LT на електричний автобус Isuzu NovoCiti VOLT. Річна економія коштів складе 2 млн 115 тис. грн, що свідчить про обґрунтовує доцільність впровадження електробусів на маршруті №17А з точки зору зменшення витрат на пальне та технічного обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародна науково-практичній конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасне автомобілебудування, автотехнічна експертиза, експлуатація автомобільного транспорту та підготовка фахівців галузі транспорт" 22-23 жовтня 2024 р харківський національний автомобільно-дорожній університет Автомобільний факультет. URL: <https://ojs.khadi.kharkov.ua/index.php/tg2/index>
2. Про підприємство URL: <https://depo.vn.ua/content/pro-p-dpri-mstvo>
3. Історія Вінницького тролейбусу URL: <https://depo.vn.ua/content/istoriya-vinnitskogo-trolleibusa>
4. У Вінниці створений новий муніципальний автобусний парк URL: <https://depo.vn.ua/novosti/vttu/nezabarom-rozbochne-pratsyuvati-novii-avtobusnii-park>
5. Транспорта реформа. Досвід Вінниці. URL: https://www.zhitomir.info/post_1747.html
6. Транспортна реформа у Вінниці: як вдалося її запустити і чи покращилися послуги URL: <https://suspilne.media/vinnytsia/142094-transportna-reforma-u-vinnici-ak-vdalosa-ii-zapustiti-i-ci-pokrasilisa-poslugi/>
7. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 321-р від 07 квітня 2021 року «Про затвердження плану заходів з реалізації Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku-321-070421>
8. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.

9. Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jelena Pecerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. Рига.: РТУ, 2021. 370 с.

10. Хабутдінов Р.А., Федоренко І.О. Порівняльний аналіз автобусів та електробуса за показником транспортної результативності технологічних впливів машинних процедур. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 7(38), ч.І. С. 265-274. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.265-274](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.265-274).

11. Ложачевська О.М., Команчук С.В. Розвиток громадського транспорту шляхом упровадження електробусів. Серія: Економіка та підприємництво, 2021 р., № 2 (119). С. 49-54. URL: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-2-9>.

[12] Асоціація «Енергоефективні міста України». Батарейні автобуси є найпопулярнішими серед нових автобусів в ЄС. Серія навчально-практичних публікацій. Випуск №30 від 31 липня 2024 року. URL: <https://enefcities.org.ua/upload/files/Publications/Urban%20Mobility/Batterybuses.pdf>.

13. Стратегія розвитку Вінницької міської територіальної громади до 2030 року – Стратегія 3.0 URL: <https://www.vmr.gov.ua/stratetiia>.

14. 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених ІОО як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році. URL: <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>

15. Гордієнко С. М. Міський транспорт : конспект лекцій (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) /С. М. Гордієнко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. –Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 98 с.

16. Яновський П. О. Пасажирські перевезення. Київ: НАУ, 2018. 469 с.
17. Антоненко О.А Деякі проблемні питання в перевезенні міським пасажирським транспортом та шляхи їх вирішення / О.А Антоненко // Правове забезпечення адміністративної реформи. – 2018. - №1. – С. 117-118.
18. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст: дис. канд. техн. наук. / П. В. Луб'яний. – Харків: ХНАМГ, 2020. – 174 с.
19. Вовк Ю.Я., Вовк І.П. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник (курс лекцій). – Тернопіль: Тернопільський національний. 104 с.
20. Левковець П.І., Качалов С.В. Транспортні засоби: класифікація, сфери застосування, організація експлуатації. Навчальний посібник. – Київ: НТУ, 2018. – 176 с.
21. Коцюк О. Я., Гульчак О.Д. Динаміка розвитку міського пасажирського маршруту. Вісник Національного транспортного університету. Київ, 2019. №8. С.123–127
22. Резванцев В.А., Кузнєцов С.М. Ефективність роботи таксомоторного транспорту: оцінка та управління. Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2019. – 120 с.
23. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 2022.
24. Яцківський Л. Ю., Зеркалов Д.В. Загальний курс транспорту. Київ: Арістей, 2021. 544 с
25. Демиденко В.М., Карпов В.І. Організація перевезень і безпека на автомобільному транспорті. Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 152 с.
26. Гладкий А.В., Третяк С.О. Оптимізація роботи міського пасажирського транспорту. Навчальний посібник. – Київ: Вид-во НАУ, 2018. – 148 с.

27. Левковець П.І., Качалов С.В. Основи організації міських автобусних перевезень. Навчальний посібник. – Київ: НТУ, 2019. – 154 с.
28. Доля В. К. Методи організації перевезень пасажирів у містах / В. К. Частка. - Харків: Основа, 2022. - 144 с.
29. Кузнєцов О.М., Левченко І.О. Теоретичні основи організації міських пасажирських перевезень. – Київ: Національний транспортний університет, 2020. – 160 с.
30. Петренко В.А., Шевченко О.Г. Планування і організація перевезень автомобільним транспортом. – Київ: НТУ, 2019. – 180 с.
31. Воронін О.С., Білоус І.П. Автомобільні пасажирські перевезення: теорія і практика. – Львів: ЛПУ, 2020. – 150 с.
32. Доля В. К. Пасажирські перевезення: [підручник] / В. К. Доля. – Харків: «Вид-во «Форт», 2021. – 504 с.
33. Кучеренко С.В., Ткаченко О.М. Міський пасажирський транспорт: планування та оптимізація. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 150 с.
34. Eurostat Yearbook 2020. Eurostat, 2020.
35. Яровий І.М., Іванова О.О. Організація та управління пасажирськими автомобільними перевезеннями. – Київ: НТУ, 2019. – 180 с.
36. Вдовиченко В. А. Ефективність функціонування міського пасажирської транспортної системи: дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / В. А. Вдовіченко. – Харків: ХНАДУ. - 2021. - 193 с
37. Горбачов П. Ф., Частка В. К. До питання маршрутизації пасажирських перевезень у найбільших містах // Шляхи інтенсифікації роботи автомобільного транспорту: Міжвузівська наукова збірка. Київський. політехн. ін-т. - Київ, 2019. - С. 92

38. Шевченко О.А., Мельник І.О. Організація та управління маршрутною системою міста: Оцінка якості пасажирських перевезень. – Київ: Наукова думка, 2020. – 185 с.
39. Горбачов П. Ф. Основи теорії транспортних систем / Горбачов П. Ф., Дмитрієв І. А. - Харків: ХНАДУ, 2022. - 202 с.
40. Яворский В. В. Моделі і алгоритми проєктування маршрутних мереж міського пасажирського транспорту: дисс... канд. техн. наук. / В. В. Яворский. – Одеса, 2019. – 195 с.
41. Griskeviciene, D., Juskevicius, P., Valeika, V. Transport. The Territorial Master Plan of Lithuanian Republic. Vilnius: Urbanistika, 2021.
42. Griskeviciene, D., Griskevicius, A. Social and economic analysis of the demand for public transport in Vilnius, Transport, Vol. XVIII, No 4, 2023. – PP.182-188. (Vilnius, Technika)
43. Матейчик В.П., Кобзиста О.П., Хрутьба В.О. Управління транспортом в місті. Начальний посібник. – Київ. – 2018. – 232 с.
44. Юр'єва Т.П. Обстеження пасажиропотоків як необхідна умова забезпечення / Юр'єва Т.П., Далека М.В. // Економічні проблеми та перспективи розвитку житлово-комунального господарства на сучасному етапі. - ХНУГК, 2020. - С. 22-23.
45. Taubig Z. Schichtverlagerung – guelle hoherer efferti – vitat und qualitat in berufsver kehs. – Kraftverkehr, 2019, 29, № 1, PP. 11 – 13.
46. Рудзінський В.В. Покращення екологічності експлуатації міського маршрутного автобусу шляхом оптимізації вибору його технічних характеристик / В.В. Рудзінський, С.В. Мельничук, В.П. Шумляківський, О.І. Рафальський //Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2018, №1 (10). – С. 90-96.

Додаток А (обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МІСЬКОМУ
МАРШРУТІ МАРШРУТНОГО ТАКСІ 17А АВТОБУСАМИ КОМУНАЛЬНОГО
ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»**

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

1

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

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МІСЬКОМУ
МАРШРУТІ МАРШРУТНОГО ТАКСІ 17А АВТОБУСАМИ КОМУНАЛЬНОГО
ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»**

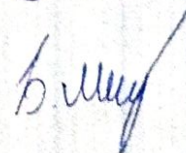
Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 275 – Транспортні технології

Керівник роботи д.т.н., професор



Кашканов А. А.

Розробив студент гр. 1ТТ-23м



Маліцький Б.В.

Вінниця ВНТУ 2024

Мета даної роботи полягає в вдосконаленні процесу перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі шляхом впровадження електричних автобусів, скороченні викидів у місті та повільного позбавлення від викопного палива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати діяльність КП «Вінницька транспортна компанія» та стан перевезень у місті, в тому числі дослідити мережу громадського транспорту, включаючи аналіз роботи автобусів в режимі маршрутних таксі;
- дослідити методи вдосконалення перевезень та вибору транспортних засобів, а також критерії вибору рухомого складу для міських маршрутів;
- розробити алгоритм моделювання процесу вибору раціонального рухомого складу для роботи на маршруті міста;
- оцінити ефективність запропонованих рішень та розробити рекомендації для покращення екологічної безпеки у місті.

Об'єкт дослідження – процес перевезення пасажирів мережею громадського транспорту міста на міському маршруті.

Предмет дослідження – показники роботи автобусів у режимі маршрутного таксі та екологічні показники електричних автобусів при використанні альтернативних видів палива.

Новизна одержаних результатів. Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті. Розроблений алгоритм моделювання процесу вибору раціонального рухомого складу для роботи на маршруті міста. Рекомендації по вибору раціонального рухомого складу маршруті №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро» м. Вінниці.

Загальна характеристика підприємства

Комунальне підприємство Вінницька транспортна компанія (КП «ВТК») є одним з основних постачальників громадського транспорту у місті Вінниця. Основними напрямками її діяльності є організація пасажирських перевезень тролейбусами, трамваями та автобусами. КП «ВТК» — це серце транспортної системи міста, яке об'єднує всі види громадського транспорту: трамваї, тролейбуси, автобуси та маршрутні таксі. Завдяки злагодженій роботі підприємства мешканці міста мають змогу щоденно користуватися зручним, екологічним і сучасним транспортом, що робить Вінницю прикладом ефективної організації перевезень.



Основний рухомий склад КП «ВТК»

сташування та структу

я головна будівля за
ьницьке шосе, 29



сташування та структу

я головна будівля за
ьницьке шосе, 29



сташування та структу

я головна будівля за
ьницьке шосе, 29



Вінницькі трамваї

Особливо примітним є трамвайний парк, адже Вінниця відома своєю трамвайною системою, завдяки співробітництву з містом Цюрихом (Швейцарія) отримала кілька десятків трамваїв, які використовує як більшу частину рухомого складу. Це співробітництво привернуло увагу чимало європейських міст, і Вінниця стала прикладом ефективного використання транспортних ресурсів.



Вінницький тролейбус

Вінницький тролейбус є також важливою складовою громадського транспорту та основним видом громадського транспорту міста Вінниці. Станом на сьогодні Вінницький тролейбус продовжує розвиватися, враховуючи екологічні вимоги та транспортні потреби.



Муніципальний автобусний парк

З 2008 року до складу підприємства входить муніципальний автобусний парк, який станом на сьогодні поповнений новими автобусами типу ЛАЗ, Богдан, Otokar, VDL Citea, Ataman та 1 електробус Skywell, також нещодавно у Вінниці вийшли на маршрути 6 автобусів MAN, вони з пробігом, 2018 року випуску, їздять на газу.



Генеральний план муніципального автобусного парку

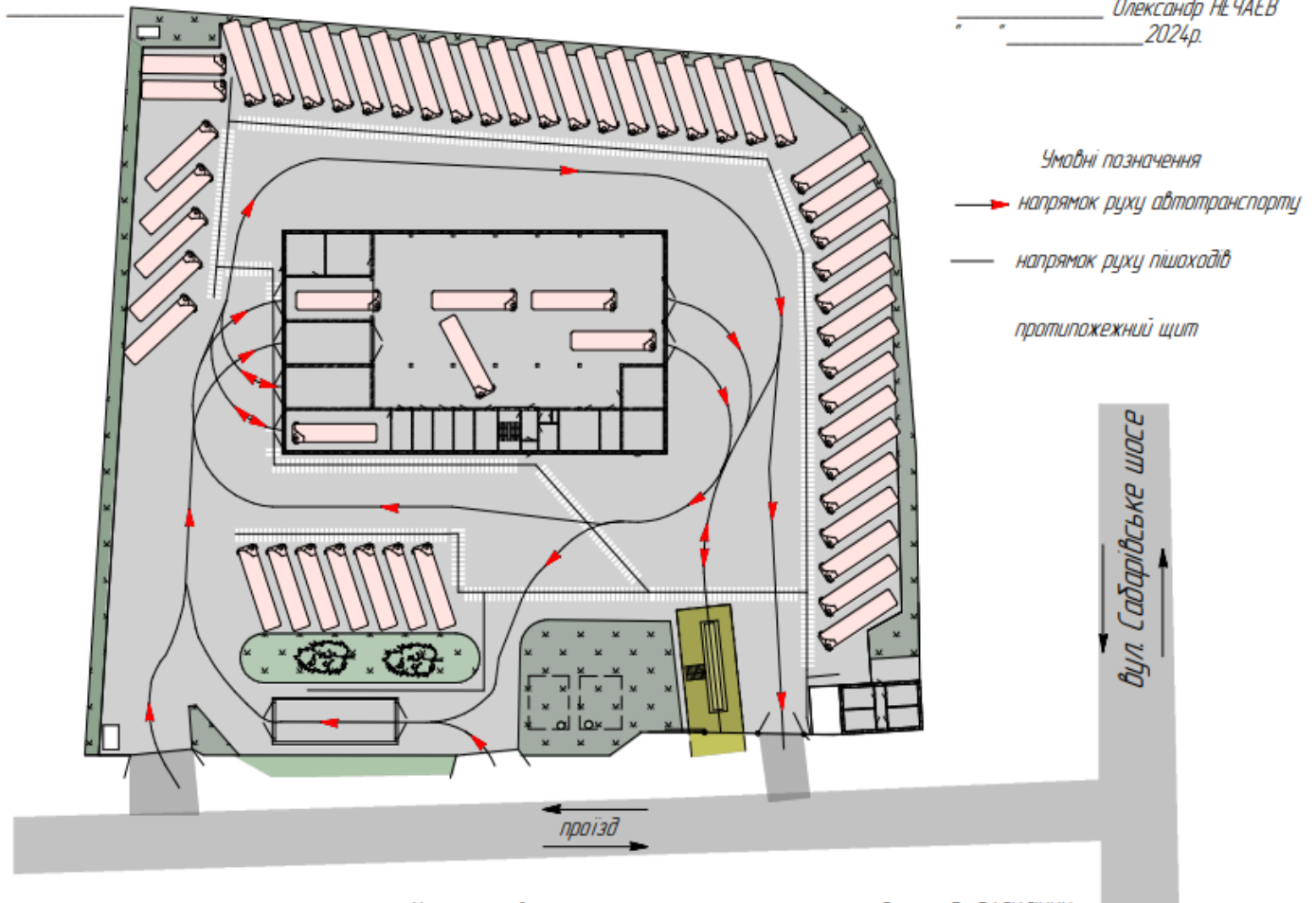
Погоджено
Начальник служби ОП і НС

Сергій ПІЧУГІН

**Схема розміщення рухомого складу на території
автотранспортного парку, проїздів автотранспорту та пішохідних проходів**

Затверджую
т.б.о. Генерального директора КП "ВТК"

Олександр НЕЧАЄВ
2024р.



Начальник автотранспортного парку

Олександр ВАСИЛІНИЧ

Мережа громадського транспорту

На 2024 рік Вінницька транспортна компанія залишається одним із ключових постачальників громадських перевезень у місті та продовжує грати важливу роль у забезпеченні громадського транспорту міста, обслуговуючи тисячі пасажирів щоденно та забезпечуючи стабільне функціонування трамвайних, тролейбусних та автобусних маршрутів. ВТК обслуговує значну частину міських пасажиропотоків. Мережа громадського транспорту включає:



Маршрутне таксі; 28

- ▶ 6 трамвайних маршрутів (74 трамваї);
- ▶ 22 тролейбусні маршрутів (133 тролейбуси);
- ▶ 20 автобусних маршрутів (65 автобусів);
- ▶ 28 маршрутів маршрутних таксі (280 автобусів).

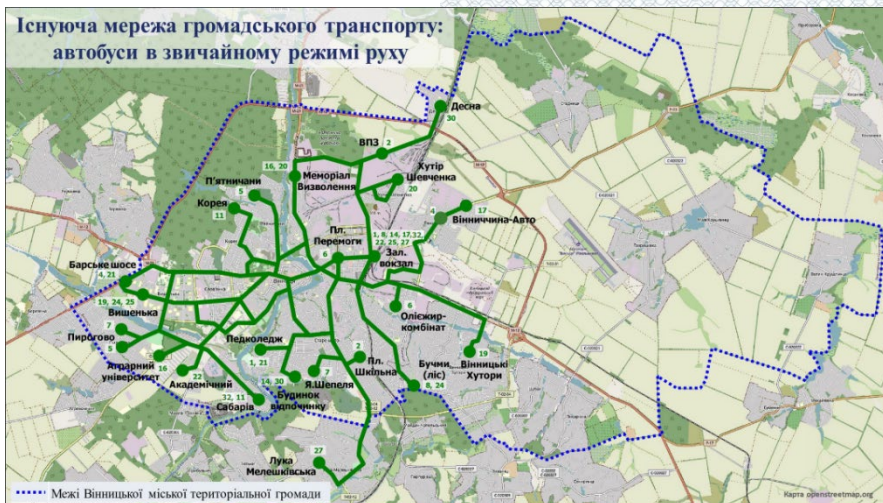
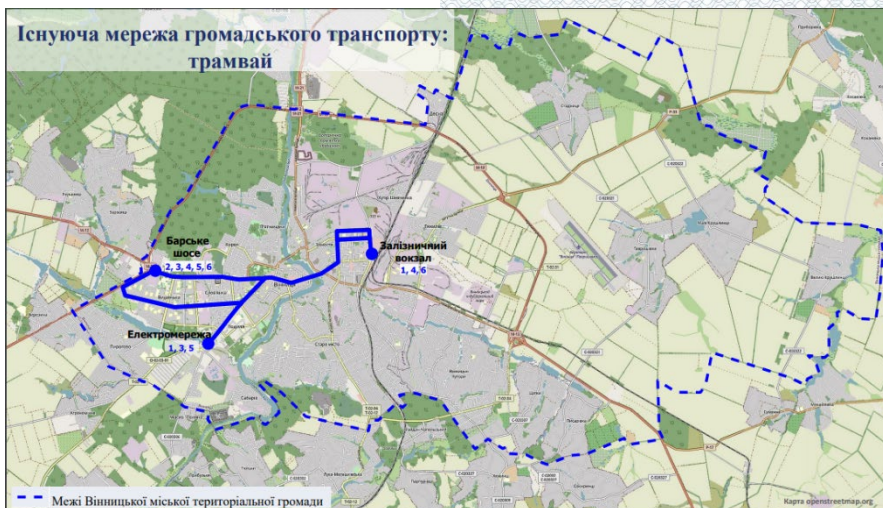
МАРШРУТИ

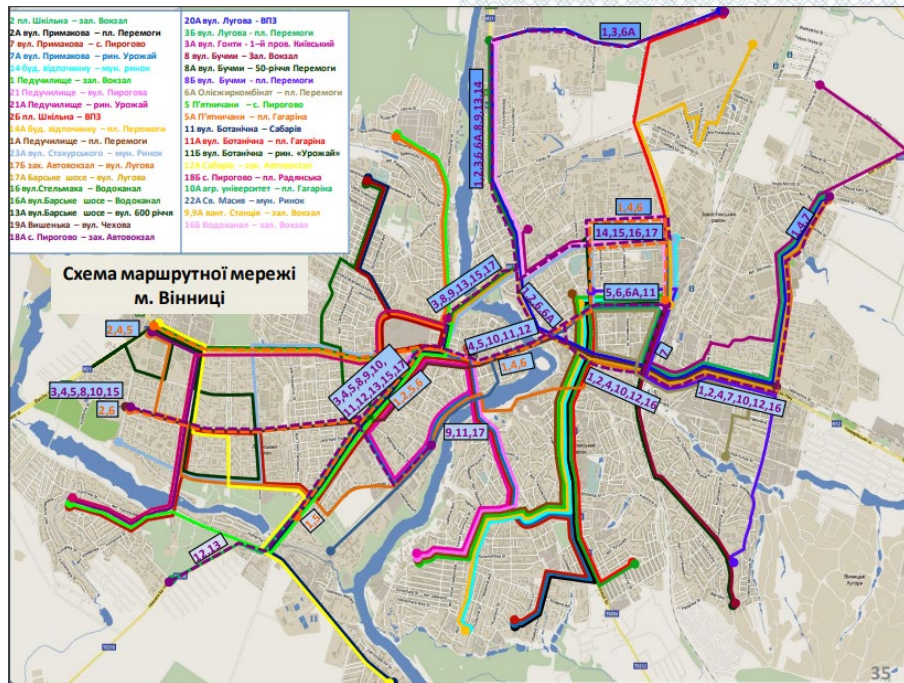


Логотип громадського транспорту, який розміщений на кузові транспортного засобу та позначає його належність до мережі громадського транспорту міста

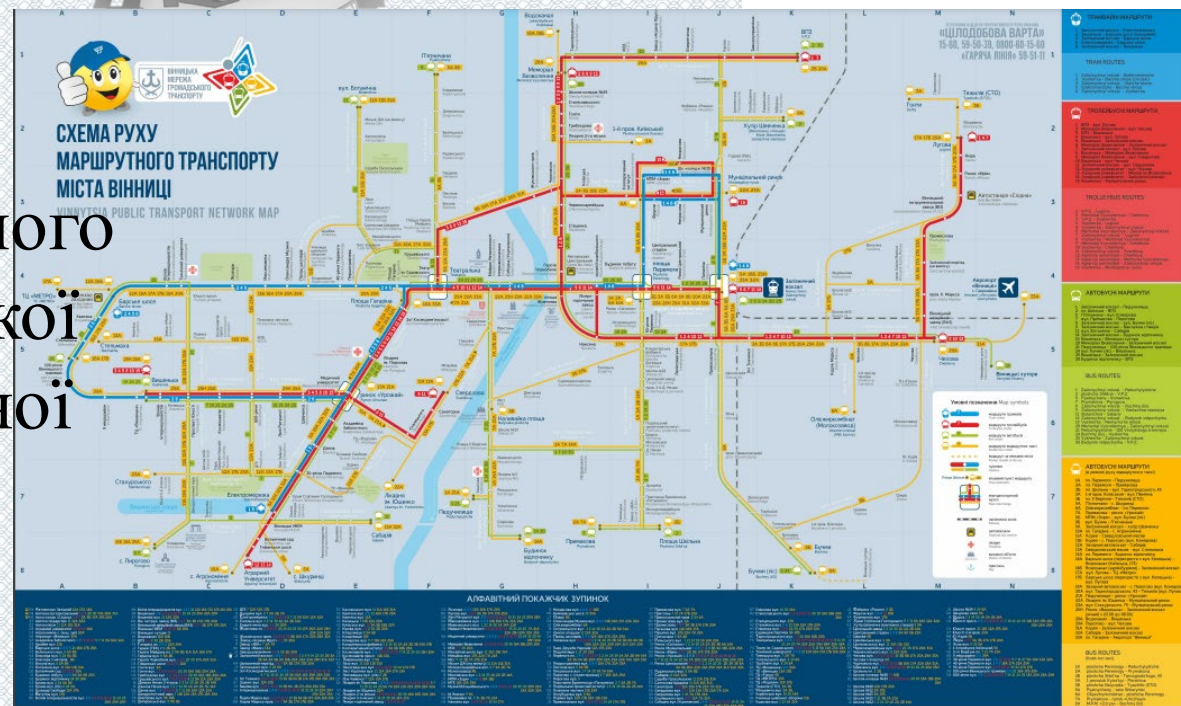


Мережі громадського транспорту

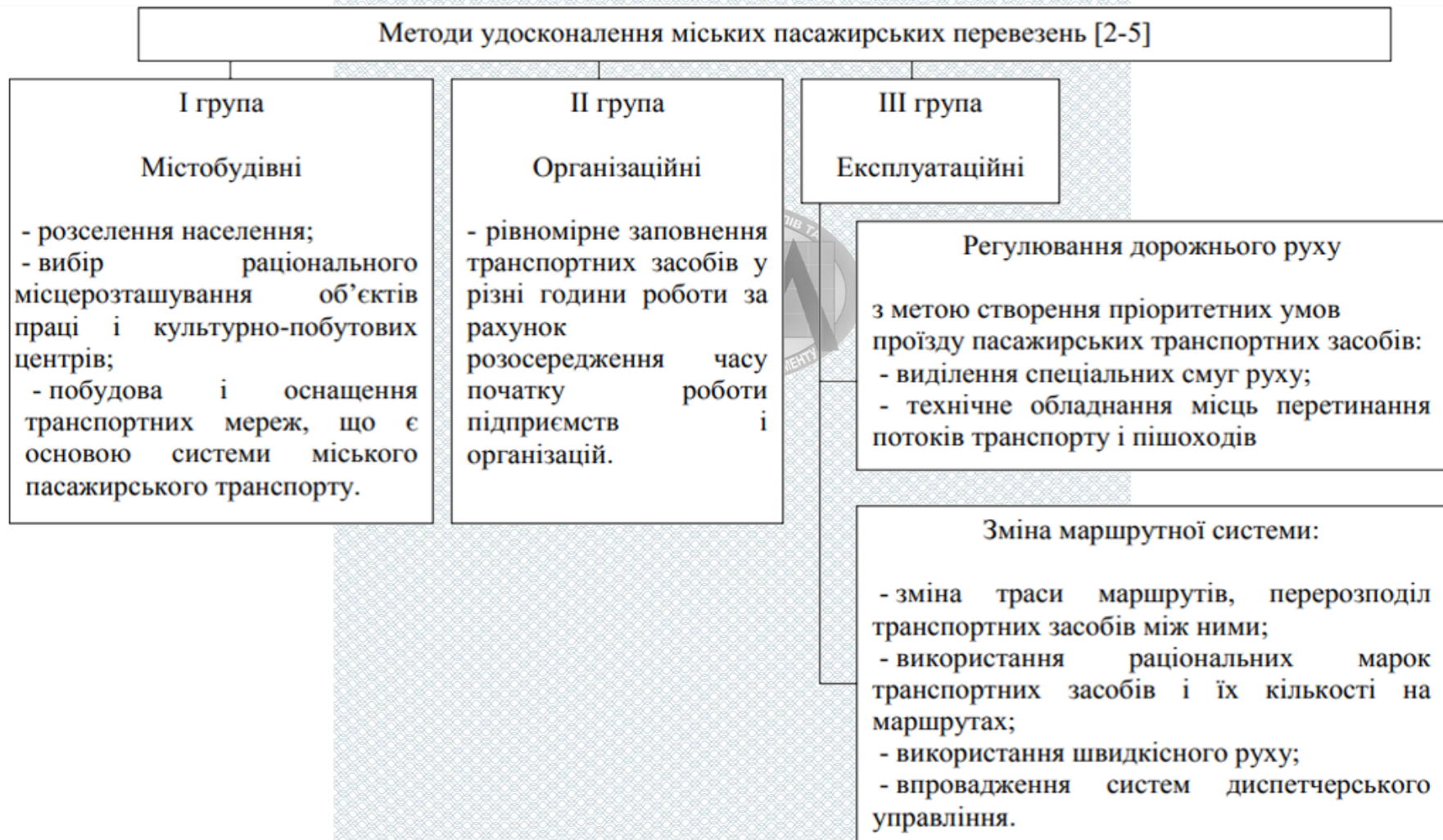




Загальна схема маршрутної мережі м. Вінниці



Методи вдосконалення міських пасажирських перевезень можна поділити на три основні групи:



Критерії вибору раціонального рухомого складу

Коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті:

$$K_{ек} = \frac{Q_{доп}}{G_{м}},$$

$Q_{доп}$ – допустима інтенсивність викидів шкідливих речовин;

$G_{м}$ – викиди шкідливих речовин ТЗ на маршруті

Максимально допустимі викиди шкідливих речовин

$$G_{м} = \frac{M^м \cdot \alpha \cdot N}{60 \cdot t_{м}}$$

Викиди шкідливих речовин:

$$M^м = g_l \cdot L_{м} + g_{хх} \cdot t_{хх},$$

N – кількість автомобілів;

α – коефіцієнт випуску автомобілів;

$t_{м}$ – час руху автомобілів за маршрутом, хв.

$g_{хх}$ - питомі викиди шкідливих речовин при роботі двигуна на холостому ході, г/хв;

g_l - питомі викиди шкідливих речовин при русі по за маршрутом, г/км;

$t_{хх}$ – час роботи двигуна на холостому ходу;

$L_{м}$ – протяжність маршруту, км.

Математична модель вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста

$$\Pi = -0,21 + 1,045 \left((2,16 + 0,513 \ln(t_{оч} + 1) + 0,00107 t_{оч}) (1 - 0,14(k' \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn}) + k' \gamma_{mn} (k' \gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn} \right) \rightarrow \min$$

$PP \leq \omega$

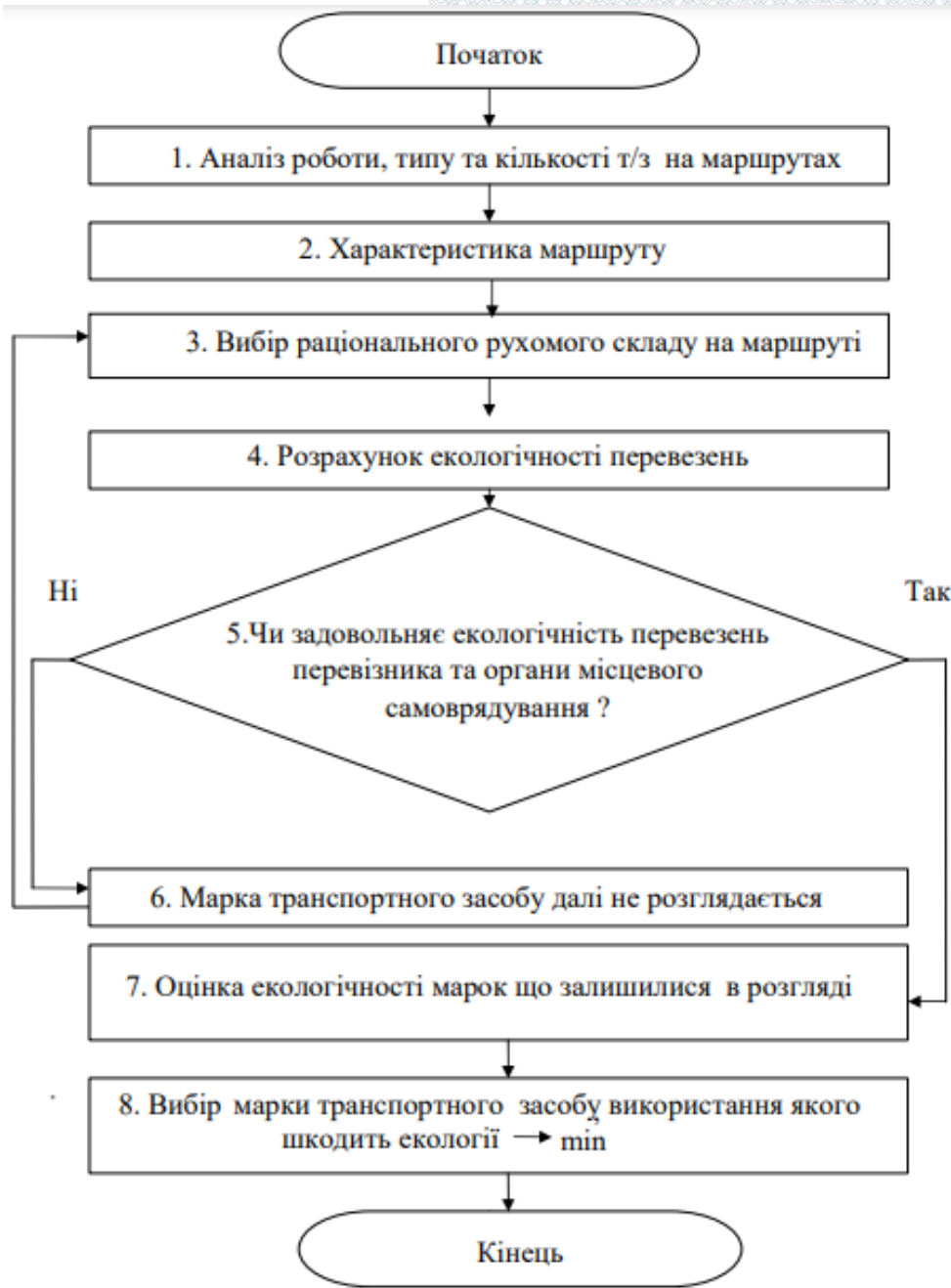


Схема алгоритму моделювання процесу вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста

Характеристика міського маршруту маршрутного таксі 17А Вул. Лугова — ТЦ «Метро»



Маршрут № 17А на карті

Загальна характеристика маршруту

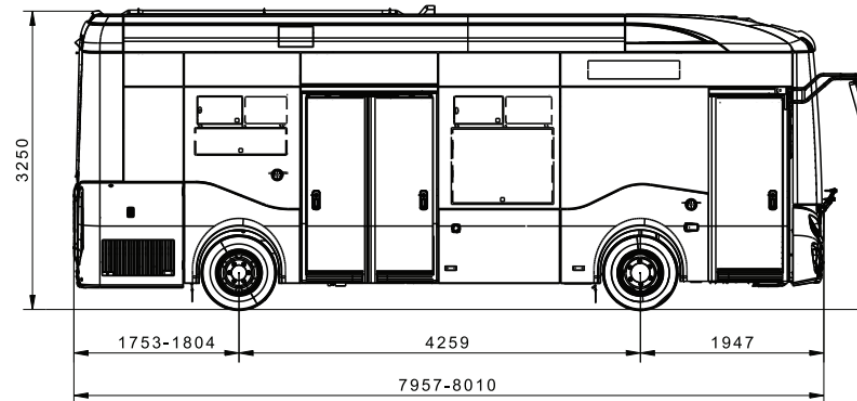
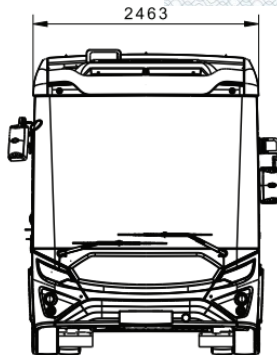
№	Параметр маршруту	Значення
1	Початкова зупинка	ТЦ «Метро»
2	Кінцева зупинка	Вул. Лугова
3	Вид маршруту	Маятни-ковий
4	Довжина маршруту по дорозі, км	15.5
6	Коефіцієнт непрямолінійності маршруту	1.44
7	Кількість перегонів маршруту у прямому напрямку	33
8	Кількість перегонів маршруту у зворотному напрямку	32
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0.50
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0.44

Рухомий склад на маршруті

Перевезення пасажирів на маршруті № 17А здійснюється транспортними засобами Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT у кількості 15 одиниць.



Альтернативний транспортний засіб для перевезень на маршруті № 17А



Параметр	Значення
Розміри (мм)	
Максимальна довжина	7957, 8010
Максимальна ширина	2463
Максимальна висота	3250
Колісна база	4259
Передній звис	1947
Задній звис	1751, 1804
Вага (кг)	
Повна маса	11600
Система силового агрегату (передачі)	
Тип приводу	електромобіль на акумуляторі
Тип двигуна	Тяговий електродвигун - прямий привід
Модель двигуна	TM4 SumoMD

Макет з інвалідним візком	21 сидячі + 1 інвалідний візок + 29 стоячі
Додатковий макет 1	19 сидячих + 35 стоячі
Додатковий макет 2	19 сидячих + 1 інвалідний візок + 30 стоячі
Двері	
Кількість службових дверей	2
Тип	З переду: одинарні, пневматичні, поворотні всередину З заду: подвійні, пневматичні, поворотні всередину
Пандус для інвалідних візків	Додаткова опція

Максимальна корисна потужність / безперервна корисна потужність	270 кВт/189 кВт
Максимальний крутний момент / постійний крутний момент	2500 Нм/990 Нм
Електрична система	
Робоча напруга	600 В
Відповідає ECE-100, версія 2	Так
Тип батареї	Літій-іонний (LFP)
Ємність акумулятора	270 кВт-год
Розташування акумуляторів	Верх транспортного засобу
Дальність	До 400 км
Гарантія на акумулятор	8 років
Система зарядки	
Тип зарядки	AC / DC Тип 2 (CCS Тип 2)
Бортовий зарядний пристрій	Додаткова опція
Потужність	Від мережі змінного струму - 22 кВт, від мережі постійного струму - 150 кВт
Час зарядки	До 2 год при підключенні від мережі; постійного струму; до 8,5 год при підключенні від мережі змінного струму

Підвіска	
Передня	Жорстка, пневматична 2 пневмобаллони, 2 гідравлічні амортизатори
Задня	Пневмопідвіска, 2 пневмобаллони, 2 гідравлічні амортизатори
Гальмівна система	
Передня/Задня	Диск / диск
Система	Повністю пневматична з двоконтурною системою з ABS, ASR, EBS та електронною активацією
Стоянкове гальмо	Пневматичний привід, працює на задній осі
Допоміжне гальмо	Уповільнення реверсу двигуна та регенерація гальмування
Сповільнювач	Система регенеративного гальмування
Система рульового управління	
Система	Електрогідравлічний підсилювач керма
Шини	
Розміри	245/70 R17.5
Пасажиромісткість	
Максимальна	55 пасажирів
Стандартний макет	21 сидячі + 4 відкидні сидіння + 29 стоячі

Технічні характеристики

Порівняльна характеристика альтернатив рухомого складу на маршруті №17А Вул. Лугова — ТЦ «Метро» за екологічними показниками

Викиди шкідливих речовин автобусами Mercedes-Benz Sprinter

	g_p , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0,159	15,5	$4,9 \cdot 10^{-3}$	0,25
NO _x	0,0228	15,5	$0,35 \cdot 10^{-3}$	0,25
CH	0,152	15,5	$2,55 \cdot 10^{-3}$	0,25
C	0,343	15,5	$7,9 \cdot 10^{-3}$	0,25

Викиди шкідливих речовин за один рейс Mercedes-Benz Sprinter

	CO	NO _x	CH	C
Викиди М ^м , г	2,46	0,35	2,36	5,32

Викиди шкідливих речовин автобусами Isuzu NovoCiti VOLT

	g_p , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0	15,5	0	0,25
NO _x	0	15,5	0	0,25
CH	0	15,5	0	0,25
C	0	15,5	0	0,25

Викиди шкідливих речовин за один рейс Isuzu NovoCiti VOLT

	CO	NO _x	CH	C
Викиди М ^м , г	0	0	0	0

Сумарні викиди шкідливих речовин одним автобусом за один рейс

$$M_{\Sigma}^m = 10,49 \text{ г.}$$

$$M_{\Sigma}^m = 0 \text{ г.}$$

Загальні викиди токсичних речовин

$$M_d^m = 1258,8 \text{ г.}$$

$$M_d^m = 0 \text{ г.}$$

Максимальний разовий викид шкідливих речовин та допустимі норми

$$G_m = 307,71 \text{ г/год; } Q_{don} = 222,44 \text{ г/год.}$$

$$G_m = 0 \text{ г/год; } Q_{don} = 0 \text{ г/год.}$$

Коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень по маршруті

$$K_{ek_merc} = \frac{222,44}{307,71} = 0,72.$$

$$K_{ek_novci_volt} = 1.$$

Оскільки пасажиромісткість автобуса Isuzu NovoCiti VOLT більша ніж у автобуса Mercedes-Benz Sprinter, використання Isuzu NovoCiti VOLT дозволяє зменшити кількість транспортних засобів на маршруті. Розрахована кількість автобусів Isuzu NovoCiti VOLT складе 10 од. При зміні кількості автобусів також зміниться інтервал руху - збільшення на 1 хв.

Результати визначення ефективності запропонованих рішень

	Mercedes-Benz Sprinter	Isuzu NovoCiti VOLT
Витрата палива/ел. енергії за виконання одного рейсу	2,02 л	8,22 кВт/год
Витрата на паливо/ел. енергію за виконання одного рейсу	103,97 грн	83,52 грн
Кількість рейсів за добу	120	80
Витрата на паливо/ел. енергію за добу	12476,4 грн	6681,6 грн
Економія за добу	5794,8 грн/доба	
Економія за рік	2 млн 115 тис. грн / рік	

Висновки

1. Проведено аналіз організаційної структури та діяльності КП «Вінницька транспортна компанія», визначено основні напрями роботи підприємства. Встановлено, що значущість оновлення рухомого складу, впровадження сучасних електричних автобусів та відповідно підвищення екологічності транспорту є основою для розвитку міських пасажирських перевезень.
2. Розглянуто поточний стан міських пасажирських перевезень та маршрутної мережі міста, яка є важливою складовою транспортної системи, водночас наголошено на необхідності її адаптації до змін у структурі пасажиропотоків, процесів урбанізації та розвитку інфраструктури.
3. Визначено перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця з акцентом на впровадження електричних автобусів, які дозволяють зменшити вплив транспорту на довкілля, підвищити енергоефективність, знизити експлуатаційні витрати та стануть значним кроком у вдосконаленні міської транспортної системи.
4. Досліджено систему міського пасажирського транспорту, як ключову складову забезпечення мобільності населення в місті. Проаналізовано сучасні методи вдосконалення перевезень та розглянуто технічні і експлуатаційні параметри маршрутів, їх вплив на ефективність перевезень.
5. Розроблено математичну модель вибору автотранспортного засобу для роботи на маршрутах міста, яка враховує ключові показники екологічності та економічності. Запропоновано алгоритм вибору раціонального автотранспортного засобу для міських маршрутів, що дозволяє обґрунтовано приймати рішення щодо модернізації рухомого складу.

Висновки

6. Розглянуто поточний стан маршрутної мережі міста Вінниці, зокрема міський маршрут маршрутного таксі №17А «Вул. Лугова — ТЦ «Метро», детально проаналізовано його техніко-експлуатаційні характеристики, особливості роботи та потреби у транспортних засобах, на даний час експлуатуються переважно автобуси Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT. Даний маршрут відіграє важливу роль у транспортній системі міста так як з'єднує центральну її частину з основними районами (Ленінський, Староміський та Замостянський), вокзалами (Західний, Центральний і Східний), шосе (Барське, Хмельницьке та Немирівське) та транспортними вузлами, забезпечуючи мобільність значної частини пасажиропотоку.

7. Визначено раціональний рухомий склад для обслуговування маршруту №17А. Після порівняння різних варіантів, рекомендовано впровадження електричного автобуса Isuzu NovoCiti VOLT , як екологічно чистого та економічно вигідного рішення для даного маршруту.

8. Проведено розрахунок економічного ефекту від заміни діючих автобусів Mercedes-Benz Sprinter і Volkswagen LT на електричний автобус Isuzu NovoCiti VOLT. Річна економія коштів складе 2 млн 115 тис. грн, що свідчить про обґрунтовує доцільність впровадження електробусів на маршруті №17А з точки зору зменшення витрат на паливе та технічного обслуговування.

Дякую за увагу!



**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Вдосконалення процесу перевезення пасажирів на міському маршруті маршрутного таксі 17А автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 75 % Схожість 25 %

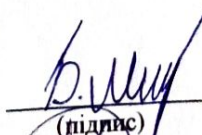
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Цимбал О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Маліцький Б.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов А.А.
(прізвище, ініціали)