

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему **Удосконалення організації перевезень пасажирів
на міському тролейбусному маршруті № 24**

м. Харкова

Виконала: студентка 4 курсу, групи ТТ-2022-2,
спеціальності 275 «Транспортні технології»,
освітньої програми «Транспортні технології
(міський транспорт)»

Кирпичова А. В.

Керівник — Закуленко К. С.

Рецензент — Копитков Д. М.

Харків — 2026 рік

Харківська національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова

ПНІ енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології»
Освітня програма «Транспортні технології (міський транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

проф. Купін Є.І.

20-26 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Киричовій Анастасії Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення організації перевезень
пасажирів на міському тролейбусному маршруті № 24 м. Харкова

керівник проекту (роботи) Захариш Катерина Євгенівна, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 440-03

Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Обсяги перевезень пасажирів, схема
маршруту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ 1. Аналіз сучасного стану організації перевезень
пасажирів у містах 2. Характеристика об'єкта дослідження 3. Розробка заходів
з організації пасажирських перевезень на тролейбусному маршруті №24
м. Харків

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Підготовка презентації у електронному вигляді за основними
результатами роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірки на підставі	Інженер кафедри ТСТТ Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану організації перевезень пасажирів у містах	12.05.2026	
2	Характеристика об'єкта дослідження	25.05.2026	
3	Розробка заходів з організації пасажирських перевезень на тролейбусному маршруті №24 м. Харків	03.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2026	
5	Оформлення презентації до ДП	10.06.2026	

Студентка

Кирпичова А. В.

і прізвище та ініціали

Керівник роботи

Вакулєнко К. С.

і прізвище та ініціали

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 55 сторінок друкованого тексту, 19 рисунків, 16 таблиць, 7 джерел та 1 додаток.

Об'єкт дослідження: організація перевезень пасажирів на тролейбусному маршруті №24 в м. Харків.

Мета роботи: проєктування організації пасажирських перевезень на маршруті.

Методи дослідження: графо-аналітичний, розрахунково-табличний.

Отримані результати: проведено аналіз світового досвіду розвитку міського електричного транспорту та визначено основні напрями його впровадження в умовах України. Виконано дослідження тролейбусного маршруту №24 м. Харкова, проаналізовано його маршрутну мережу, пасажиропотоки та техніко-експлуатаційні показники роботи. Визначено показники роботи маршруту і потребу в транспортних засобах (ТЗ) за годинами доби. Розроблено заходи щодо удосконалення організації перевезень, виконано графо-аналітичний розрахунок режимів роботи тролейбусів і водіїв, побудовано стрічковий графік руху та розклад роботи маршруту. Проведено оцінювання безбар'єрності зупиночної інфраструктури та ТЗ маршруту, визначено основні бар'єри доступності та запропоновано заходи щодо їх усунення.

Рекомендації з впровадження: рекомендовано впровадити уточнений графік роботи рухомого складу на маршруті №24 та модернізувати зупиночну інфраструктуру відповідно до вимог безбар'єрності. Також доцільним є поступове оновлення рухомого складу сучасними низькопідлоговими тролейбусами для підвищення якості та доступності транспортного обслуговування.

МАРШРУТ, ПАСАЖИРОПОТІК, ЗУПИНОЧНИЙ ПУНКТ,
БЕЗБАР'ЄРНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СВІТОВИЙ ДОСВІД ЩОДО ЗАПРОВАДЖЕННЯ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	7
1.1 Аналіз методів удосконалення організації перевезень пасажирів.....	7
1.2 Підходи щодо розвитку електричного міського пасажирського транспорту в містах України.....	9
1.3 Висновки по розділу.....	11
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
2.1 Характеристика об'єкту дослідження - тролейбусного маршруту №24.....	13
2.2 Характеристика тролейбусного маршруту №24.....	14
2.3 Визначення показників роботи маршруту.....	20
2.4 Визначення пасажиропотоків та кількості транспортних засобів на маршруті за годинами доби.....	31
2.5 Висновки по розділу.....	34
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ТРОЛЕЙБУСНОМУ МАРШРУТІ № 24 М. ХАРКІВ.....	35
3.1 Розробка заходів щодо організації перевезень на маршруті.....	35
3.2 Графо-аналітичний розрахунок.....	36
3.3 Стрічковий графік руху.....	40
3.4 Оцінка безбарерності надання транспортних послуг на маршруті.....	43
3.5 Висновки по розділу.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТОК А.....	54

ННІЕТТ ТСУ ТТ 2022-2 ТТ ХХХ... Х ІІЗ							
Зам.	Дир.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Киритичова А.В.						
Перевір.	Павличенко К.С.						
М. Керів.	Борисюк І.І.						
Контроль.	Борисюк І.І.						

Повіренова
заступаюча до кваліфікаційної
роботи

Лист	Арк.	Архів
К	В	С
1	1	1

ХНУМГ

ВСТУП

Міський громадський транспорт є важливою складовою транспортної системи сучасного міста, оскільки забезпечує мобільність населення, доступність об'єктів соціальної, освітньої, медичної та торговельної інфраструктури, а також впливає на рівень якості життя населення. В умовах зростання транспортної рухливості населення особливого значення набуває підвищення ефективності функціонування міського пасажирського транспорту, зокрема електричного транспорту, який характеризується екологічністю, енергоефективністю та високою провізною спроможністю.

Одним із важливих напрямків розвитку міського транспорту є удосконалення організації перевезень пасажирів на діючих маршрутах шляхом раціонального використання та оптимізації режимів роботи транспортних засобів, підвищення рівня транспортної доступності та забезпечення безбар'єрного середовища для всіх категорій населення. Особливо актуальними ці питання є для великих міст України, де значна частина транспортної інфраструктури та рухомого складу потребує модернізації.

РОЗДІЛ I

СВІТОВИЙ ДОСВІД ЩОДО ЗАПРОВАДЖЕННЯ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

1.1 Актуальні напрямки розвитку та удосконалення міських пасажирських перевезень: світовий досвід

Сучасні міські центри по всьому світу стикаються з численними проблемами, серед яких транспортні затори, забруднення атмосфери, шумове забруднення і соціальна сегрегація. У цьому контексті міський громадський транспорт перестає бути просто засобом пересування та стає важливим елементом сталого розвою. Світовий досвід демонструє, що розвиток міських пасажирських перевезень ґрунтується на комплексному, системному підході, де технологічна модернізація тісно пов'язана з організаційними та відокремлення маломобільних груп населення.

При аналізі практик провідних міст можна виділити формування 5 ключових, взаємопов'язаних напрямів (рис. 1.1).

Перший напрям - електрифікація всього парку громадського транспорту. Міста Європи такі як, Північна Америка та Азія активно впроваджують перехід від часткового оновлення до стратегії повної заміни рухомого складу міського пасажирського транспорту з нульовими викидами.

Також в багатьох країнах ЄС є проекти щодо повного переходу на електробуси до 2030-2035 років [1]. Такий підхід безпосередньо пов'язаний із цілю сталого розвитку та декарбонізації.

Електрифікація впливає на зниження викидів парникових газів та локальних забруднювачів що на сам перед покращує якість повітря, але й значно зменшує акустичне забруднення міст [2].

Другий напрям - система інтеграції транспорту з відновлювальними системами. Екологічні переваги є тільки тоді коли використовується

електроенергія виробляється з чистих джерел. Бо якщо це не так, відбувається міграція забруднення з міст до теплових електростанцій.

Тому саме розвиток сонячних та вітрових електростанцій має потенціал для партнерства з транспортними операторами і використання списаних електробусів як стаціонарних накопичувачів для збалансування мережі [2].

Третій напрям – є масштабна цифровізація та провадження інтелектуальних Транспортних Систем (ITS). А саме – автоматизація диспетчерських систем, що дозволяє відстежувати місце знаходження транспорту, керувати інтервалами руху транспортних засобів та розробка мобільних додатків для мультимодального планування подорожей, електронної оплати, інформування про час прибуття [1]. І також впровадження систем, що надають громадському транспорту переваги на світлофорах (зелена хвиля) [3].

Четвертий напрям – є організаційно-інфраструктурна оптимізація. Світовий досвід показує, що новий транспорт потребує оновлення інфраструктури. Ключовим аспектом тут є система швидкісного автобусного сполучення (Bus Rapid Transit, BRT), а саме виділення смуг та платформ для швидкої посадки та висадки і чіткого розкладу руху транспортних засобів. Також відбувається постійна робота з оптимізації маршрутних мереж – усунення дублювання маршрутів, створення ефективних пересадкових вузлів та координація різних видів транспорту в єдиній системі узгодження [3].

П'ятий напрям – пошук інноваційних фінансових моделей. Цей напрям вимагає масштабних модернізацій, що приводить до значних капіталовкладень. Для вирішення цієї проблеми світові міста активно використовують державно-приватне партнерство, залучаючи приватних інвесторів до будівлі інфраструктури, закупівлі рухомого складу та управлінням систем зарядки. Також розвиваються механізми «зелених» облігацій та цільових міжнародних грантів на кліматичні проекти [3].

бюджетів та конкуренція з маршрутними таксі, що призводить до втрати пасажирів через низьку швидкість та ненадійність системи міського електричного транспорту (MET). Відповідь на ці виклики потребує системного та комплексного планування [3].

Першим підходом - є дотримання принципу системності та комплексності. Закупівля окремих одиниць техніки без паралельної модернізації енергетичного господарства неефективна. Тому розвиток має включати синхронні заходи по трьох лініях. Оновлення рухомого складу заміна застарілих трамваїв та тролейбусів. Модернізація інфраструктури - реконструкція тягових підстанцій, контактної мережі, колій, будівництво сучасних депо. Розвиток зарядних мереж - створення станцій як у депо для нічної зарядки, так і на кінцевих зупинках для швидкої підзарядки [2].

Другим підходом - є чітка пріоритетизація громадського електричного транспорту як основи міської мобільності. Не дивлячись на важливість стимулювання приватної електромобільності, найбільший соціально-економічний та екологічний ефект на одиницю інвестицій дають саме масові перевезення. Фокус має бути спрямований на трамвайні системи (як найбільш енергоефективні), модернізацію тролейбусного парку та впровадження сучасних електробусів з автономним ходом. Це дозволяє працювати поза контактною мережею, що розширює зону покриття та підвищує гнучкість маршрутної мережі без значних капітальних витрат на нові лінії [2, 3].

Третій підхід - полягає у технологічній модернізації з акцентом на підвищення енергоефективності для зниження експлуатаційних витрат. Для українських умов найактуальнішими є конкретні рішення. А саме електробуси з автономним ходом та системи динамічної підзарядки для зменшення залежності від мережі, системи рекуперативного гальмування, що дозволяють повертати 20-30% електроенергії в мережу та безпосередньо впливають на собівартість і закупівля рухомого складу з сучасними асинхронними двигунами та інтелектуальними системами клімат-контролю.

Четвертий підхід - безпосередньо адресується до фінансово-управлінських бар'єрів. Без їх подолання технічні рішення не реалізуються. Це передбачає активне використання механізмів державно-приватного партнерства для залучення приватних інвестицій, оскільки місцеві бюджети неспроможні самотійно фінансувати масштабну модернізацію, реформування системи управління транспортними підприємствами, їх перехід до більш прозорих і гнучких форм з впровадженням сучасного менеджменту, розробку та прийняття чіткої Національної стратегії розвитку електричного транспорту, яка б визначила цілі, стали, джерела фінансування та механізми координації на всіх рівнях влади. [2, 3].

П'ятий підхід - послугова цифровізація та операційна оптимізація. Як перший крок, що не вимагає великих капіталовкладень, але дає значний ефект, можна виділити: впровадження GPS-трекерів та електронних тарифних систем для збору даних та науково обґрунтовану оптимізацію маршрутних мереж на основі аналізу пасажиропотоків, що включає ліквідацію дубльованих маршрутів, корегування розкладів та створення ефективних пересадкових вузлів [3].

1.3 Висновок по розділу

Світовий розвиток міських пасажирських перевезень сьогодні базується на комплексній трансформації, яка поєднує тотальну електрифікацію, цифровізацію та організаційну оптимізацію в єдину систему. Ключовими стали п'ять взаємопов'язаних напрямів: повна електрифікація парку, інтеграція з відновлюваною енергетикою, впровадження інтелектуальних транспортних систем, створення пріоритетної інфраструктури (BRT, виділені смуги) та залучення інвестицій через інноваційні механізми на кшталт державно-приватного партнерства.

Для України цей досвід є критично важливим, але потребує глибокої адаптації. Основними підходами до розвитку електричного транспорту в

українських містах мають стати: системна модернізація (синхронне оновлення техніки та інфраструктури), пріоритет масового громадського електротранспорту (трамваї, троллейбуси, електробуси), акцент на енергоефективні технології (рекуперація, автономний хід), подолання фінансових бар'єрів через державно-приватного партнерства та чітку національну стратегію, а також поступова цифровізація для операційної оптимізації. Таким чином, успіх залежатиме від здатності інтегрувати світові принципи в український контекст, подолавши специфічні виклики зносу інфраструктури та дефіциту ресурсів.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єкту дослідження - тролейбусного маршруту

№24

Місто Харків – обласний центр Харківської області.

Обласний центр поділено на 9 внутрішньоміських районів, а саме: Шевченківський, Київський, Холодногірський, Немешлянський, Новобоварський, Слобідський, Індустріальний, Салтівський, Київський, наведено на рисунку 2.1.

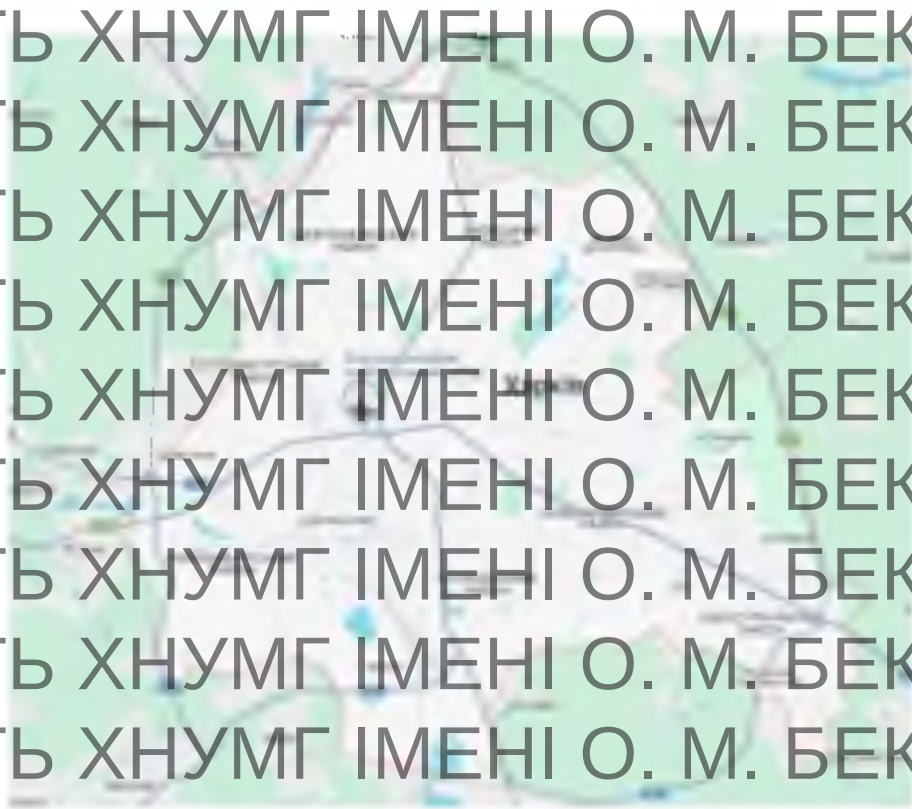


Рисунок 2.1 Райони м. Харків

В рамках дослідження розглядається маршрут №24 в м. Харків, він є ключовим для майже всього району, бо з'єднує з метро (рис. 2.2.). Обраний маршрут сполучає такі місця тяжіння, як метро, ТРЦ Україна, 6 поліклініка, Новосалтівський ринок, школи та бібліотеки, клуб спортивного плавання.

ринок Барабашова, парк Перемоги, Харківський палац дитячої та юнацької творчості, а також маршрут перетинається з іншими, тобто дозволяє робити зручні пересадки до інших маршрутів. Тому цей маршрут має великий попитом у містян.

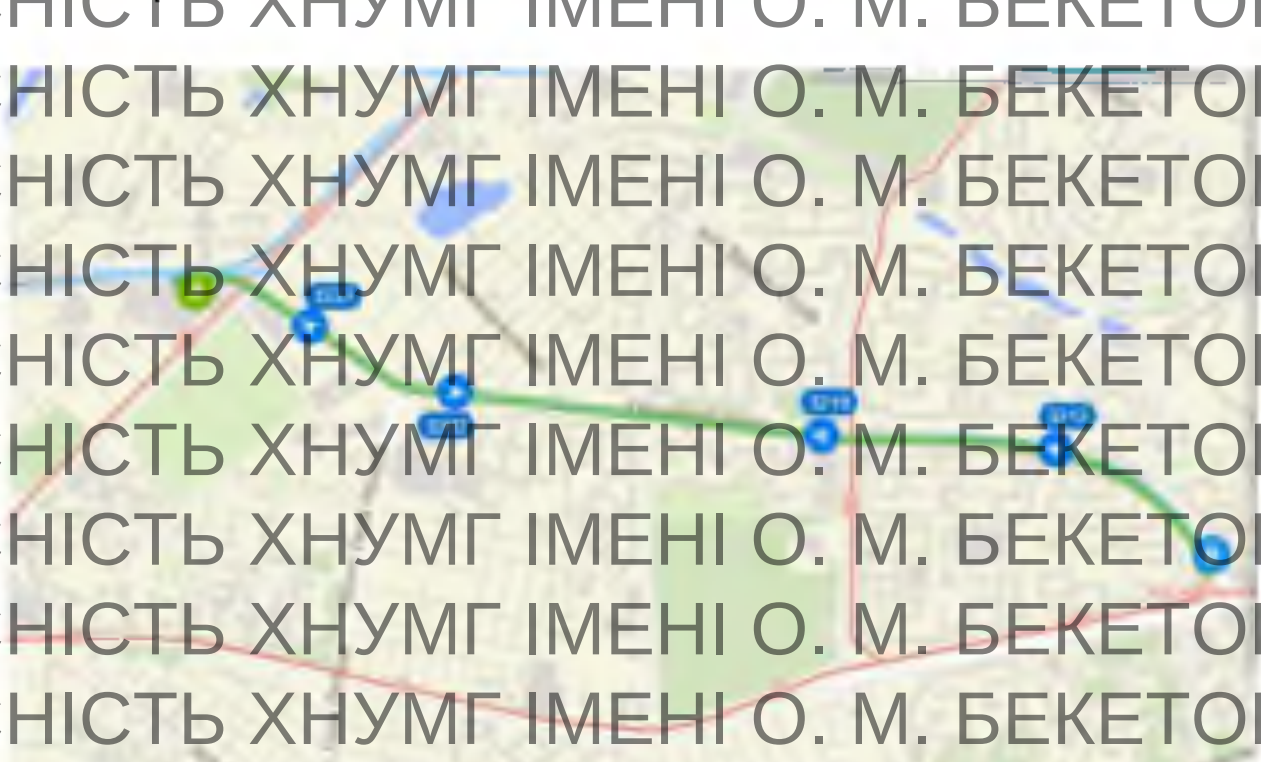


Рисунок 2.2 – Райони через які курсує маршрут №24

2.2 Характеристика тролейбусного маршруту №24

Тролейбусний маршрут № 24 є одним із маршрутів громадського транспорту, що забезпечує транспортне сполучення між житловими районами Саківського масиву та транспортно-пересадочним вузлом біля станції метро «Академіка Барабашова». Маршрут проходить основними магістральними вулицями району та обслуговує значну кількість пасажирів, забезпечуючи їх доступ до об'єктів соціальної, торговельної та транспортної інфраструктури. Топологічна схема маршруту наведена на рис. 2.3.

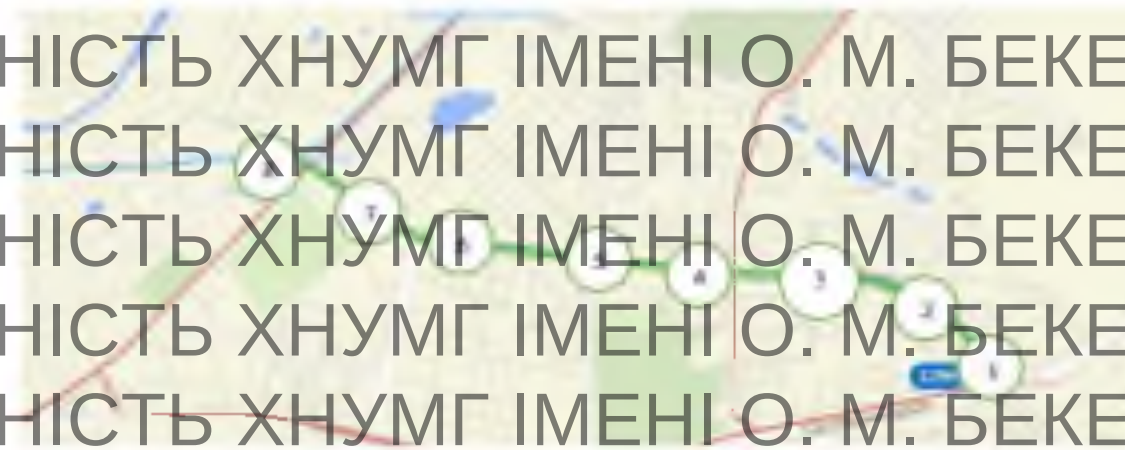


Рисунок 2.1 – Топологічна схема тролейбусного маршруту № 24

Маршрут складається із восьми зупиночних пунктів у кожному напрямку руху та проходить через найбільш завантажені транспортні коридори Сапівського житлового масиву. Загальна довжина маршруту в обох напрямках становить 8,75 км (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Довжина перегонів маршруту

Назва перегону	Довжина перегону, км
1-2	1,10
2-3	0,94
3-4	0,47
4-5	0,42
5-6	0,77
6-7	0,44
7-8	0,37
8-7	0,4
7-6	0,35
6-5	0,3
5-4	0,51
4-3	0,67
3-2	1,08
2-1	0,82
Довжина всього маршруту	8,75

Характеристика перегонів маршруту наведена в табл. 2.2. Аналіз довжин перегонів показує, що їх протяжність змінюється від 0,30 до 1,10 км. Найбільшу довжину має перегін 1–2 (1,10 км), а найменшу – перегін 6–5 у

зворотному напрямку (0,30 км). Середня довжина перегону становить близько 0,63 км, що відповідає вимогам до організації міських тролейбусних маршрутів та забезпечує достатній рівень транспортної доступності для населення.

У рамках дослідження виконано аналіз маршрутної мережі на предмет дублювання траси тролейбусного маршруту № 24 іншими маршрутами громадського транспорту. Визначено маршрути, що повністю або частково проходять спільними ділянками з досліджуваним маршрутом, а також встановлено протяжність таких ділянок (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Маршрути, що дублюють трасу тролейбусного маршруту № 24

Дублюючі маршрути	Типи маршруту	Ділянки дублювання	Довжина ділянки, км
1	2	3	4
19	Тролейбусний	602-й мікрорайон – Салтівський РСМ – вул. Познанська – 603-й мікрорайон – пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців	3,75
63	Автобусний	602-й мікрорайон – Салтівський РСМ – вул. Познанська – 603-й мікрорайон – пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців	3,75
81	Автобусний	602-й мікрорайон – Салтівський РСМ – вул. Познанська – 603-й мікрорайон – пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців – пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабанова	4,56

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
20	Тролейбусний	602-й мікрорайон – Салтівський РСМ – вул. Познанська – 603-й мікрорайон – пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців – пр. Льва Ландау	4,17
38Е (Приватний) Тариф 20 грн	Автобусний	602-й мікрорайон Салтівський РСМ – вул. Познанська 603-й мікрорайон – пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців – пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабашова	4,56
56	Тролейбусний	вул. Гвардійців-Широнінців – пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабашова	1,21
121є	Автобусний	пр. Тракторобудівників вул. Гвардійців-Широнінців пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабашова	1,98
57	Тролейбусний	пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабашова	0,77
83	Автобусний	пр. Тракторобудівників – вул. Гвардійців-Широнінців пр. Льва Ландау – ст. м. Академіка Барабашова	1,98

Результати аналізу показали, що найбільший рівень дублювання спостерігається на ділянці від 602-го мікрорайону до вул. Гвардійців-Широнінців, де одночасно функціонують декілька тролейбусних та автобусних маршрутів.

На маршруті №24 було проведено дослідження пасажиропотоків. Обстеження проводилося з ранку та у ввечері, були отримані характеристики

роботи маршруту (табл. 2.3). Кількість перегонів на маршруті – 7. Довжина всього маршруту 8,75 км. (табл. 2.4).

Обстеження пасажиропотоків проводилося за допомогою спеціальних облікових бланків (Дод. А). Під час обстеження визначалися показники пасажирообміну на зупиночних пунктах маршруту та кількість транспортних засобів, що здійснювали перевезення. Обстеження у вечірній період проводилося 20 травня 2026 року: у прямому напрямку – з 17:59 до 18:16, у зворотному – з 18:23 до 18:38. Дослідження виконувалося на тролейбусі Škoda 15Tr, бортовий номер 3049 (рис. 2.4). Обстеження у ранковий період проводилося 22 травня 2026 року: у прямому напрямку – з 07:57 до 08:16, у зворотному – з 08:17 до 08:31. Дослідження виконувалося на тролейбусі ЛАЗ Е301, бортовий номер 3217 (рис. 2.5).

Таблиця 2.3 – Параметри маршруту

Показники		Значення
Пасажиромісткість транспортного засобу, пас.	Škoda 15Tr	150
	ЛАЗ-Е301	180
Час оборту, год.		0,58
Кількість транспортних засобів, що проїжджають у годину «пік», од.		9

Таблиця 2.4 – Періоди роботи

Період доби	Інтервал руху	Середній час у дорозі
Ранковий пік (6:00-9:00)	6-8 хв.	30 хв.
Денний час (9:00-17:00)	10 хв.	32 хв.
Вечірній час (17:00-20:00)	7-9 хв.	35 хв.
Пізній час (20:00-22:30)	12-15 хв.	30 хв.



Рисунок 2.4 – Фото транспортного засобу Skoda 15Tt в середині та зовні.



Рисунок 2.5 – Фото транспортного засобу ЛАЗ-Е301 в середині та зовні.

За час проведення обстеження на зупинці 602-й мікрорайон вечірнього 18:39 по 20:19 (1 год. 30 хв.) та ранкового часу-пік з 08:35 по 10:05 було зафіксовано час прибуття та номер маршрутичних транспортних засобів, що дублюють маршрут № 24.

Також було визначено час та інтервали прибуття:

- вечірній період обстеження тролейбусів № 24 – 19:02, 19:21, 19:46, 20:05, інтервал – 20 хв. (майже повністю збігається з офіційним графіком руху).

- ранковий період обстеження тролейбусів № 24 – 08:35, 08:39, 08:45, 08:51, 08:54, 09:02, 09:07, 09:11, 09:15, 09:24, 09:26, 09:31, 09:35, 09:41, 09:49, 09:56, інтервал приблизно – 5 хв.

Отримані характеристики маршруту падалі використовуються для аналізу пасажиропотоків, визначення техніко-експлуатаційних показників роботи маршруту та розроблення заходів щодо удосконалення організації перевезень.

2.3 Визначення показників роботи маршруту

Напруженість пасажиропотоку розраховуємо за формулою (2.1) [4, 5]:

$$F_{1-2} = Q_{1-2}; F_{2-3} = F_{1-2} + Q_{2-3} - Q_{1-2}; F_{i-j} = F_{(i-1)-(i-1)} + Q_{i-j} - Q_{i-j}, (2.1)$$

де $F_{(i-1)-(i-1)}$ – пасажиропотік на попередні маршрути, що передують $F_{(i-1)-(i-1)}$, пас./рейс.

Q_{i-j} – відповідно кількість пасажирів, що увійшли у транспортний засіб та вийшли з нього на i -му зупинному пункті, пас./рейс.

Для ранкової години «пік»:

У прямому напрямку:

$$F_{1-2} = 31 \text{ пас./рейс.}$$

$$F_{2-3} = 31 + 4 - 3 = 32 \text{ пас./рейс.}$$

У зворотному напрямку:

$$F_{8-7} = 3 \text{ пас./рейс.}$$

$$F_{7-6} = 3 + 3 - 0 = 6 \text{ пас./рейс.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати розрахунків зводимо до табл. 2.5.

Для вечірньої години «пік»:

У прямому напрямку:

$$F_{1-2} = 10 \text{ пас./рейс.},$$

$$F_{2-3} = 10 + 1 - 1 = 10 \text{ пас./рейс.},$$

У зворотньому напрямку:

$$F_{8-7} = 72 \text{ пас./рейс.},$$

$$F_{7-6} = 72 + 4 - 21 = 55 \text{ пас./рейс.},$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати розрахунків зводимо до табл. 2.5.



Рисунок 2.6 – Пасажиропотік у ранкову годину «пік» в прямому та зворотньому напрямках

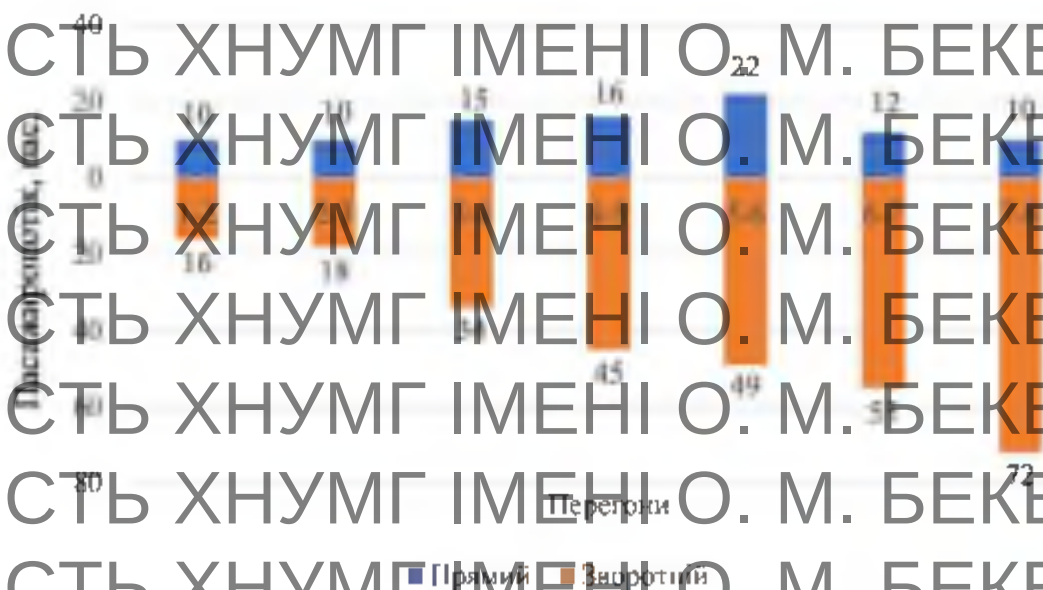


Рисунок 2.7 – Пасажиropотік у вечірню годину «пік» в прямому та зворотньому напрямках

Таблиця 2.5 – Напруженість пасажиропотоку на перегонах

Номер перегону	Напруженість пасажиропотоку, пас./рейс			
	Ранкова година «пік»		Вечірня година «пік»	
	Прямий напрям	Зворотній напрям	Прямий напрям	Зворотній напрям
1-2	31	3	10	72
2-3	32	6	10	55
3-4	44	31	15	49
4-5	55	28	16	45
5-6	83	25	32	24
6-7	88	23	12	18
7-8	101	23	10	16

Величину транспортної роботи на перегоні маршруту визначаємо як (2.2) [4, 5]:

$$W_{i-j} = E_{i-j} \cdot l_{i-j} \quad (2.2)$$

де l_{i-j} - довжина перегону з номером $i-j$, км.

Для ранкової години «пік»:

У прямому напрямку:

$$W_{\text{зв}} = 31 \cdot 0,43 = 13,33 \text{ пас.км.}$$

У зворотному напрямку:

$$W_{\text{пр}} = 31 \cdot 0,43 = 13,33 \text{ пас.км.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати розрахунків зводимо до табл. 2.6.

Для вечірньої години «пік»:

У прямому напрямку:

$$W_{\text{зв}} = 10 \cdot 0,43 = 4,3 \text{ пас.км.}$$

У зворотному напрямку:

$$W_{\text{пр}} = 72 \cdot 1,05 = 75,60 \text{ пас.км.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.6.

Обсяг перевезених пасажирів розраховуємо для обох напрямків руху на маршруті та на маршруті в цілому [4, 5]:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{зв}} \quad (2.3)$$

Для ранкової години «пік»:

$$Q_{\text{пр}} = 3 + 32 + 41 + 55 + 33 + 88 + 10 = 434 \text{ пас.},$$

$$Q_{\text{зв}} = 3 + 6 + 31 + 28 + 25 + 23 + 23 = 139 \text{ пас.},$$

$$Q_{\text{ц}} = 434 + 139 = 573 \text{ пас.}$$

Для вечірньої години «пік»:

$$Q_{\text{пр}} = 10 + 10 + 15 + 16 + 22 + 12 + 10 = 95 \text{ пас.},$$

$$Q_{\text{зв}} = 72 + 55 + 49 + 45 + 34 + 18 + 16 = 289 \text{ пас.},$$

$$Q_{\text{ц}} = 95 + 289 = 384 \text{ пас.}$$

Середню відстань поїздки пасажирів знаходимо як [4, 5]:

$$q = \frac{W}{Q} \quad (2.4)$$

де W – величина виконаної транспортної роботи на маршруті, пас. км;

Q – обсяг перевезень на маршруті, пас.

Для ранкової години «пік»:

$$I_{\text{р.п.}} = \frac{323,71}{128} = 2,53 \text{ км.}$$

$$I_{\text{р.в.}} = \frac{67,75}{47} = 1,44 \text{ км.}$$

Для вечірньої години «пік»:

$$I_{\text{в.п.}} = \frac{61,09}{33} = 1,85 \text{ км.}$$

$$I_{\text{в.в.}} = \frac{201,31}{87} = 2,31 \text{ км.}$$

Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості визначено наступним чином [4, 5]:

$$\gamma = \frac{W}{q \sum_{i=1}^{n-1} I_{i,i+1}} \quad (2.5)$$

Для ранкової години «пік»:

$$\gamma_{\text{р.п.}} = \frac{323,71}{4,5 \cdot 180} = 0,4.$$

$$\gamma_{\text{р.в.}} = \frac{67,75}{4,2 \cdot 180} = 0,09.$$

Для вечірньої години «пік»:

$$\gamma_{\text{в.п.}} = \frac{61,09}{4,5 \cdot 150} = 0,09.$$

$$\gamma_{\text{в.в.}} = \frac{201,31}{4,2 \cdot 180} = 0,32.$$

Розрахунок статичного коефіцієнту використання пасажиромісткості проводимо наступним чином [4, 5]:

$$\gamma^c = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{n \cdot 180} \quad (2.6)$$

де n – кількість пересонів на маршруті, од.

Для ранкової години «пік»:

$$\gamma_{c \text{ ран}}^c = \frac{434}{6 \cdot 180} = 0,41$$

$$\gamma_{c \text{ вв}}^c = \frac{139}{6 \cdot 180} = 0,13$$

Для всерішньої години «пік»:

$$\gamma_{c \text{ вв}}^c = \frac{95}{6 \cdot 150} = 0,09$$

$$\gamma_{c \text{ ран}}^c = \frac{289}{6 \cdot 150} = 0,28$$

Коефіцієнт змінюваності розраховуємо таким чином [4, 5]:

$$\eta = \frac{l}{l_{\text{ср}}} \quad (2.7)$$

Для ранкової години «пік»:

$$\eta_{\text{ран}} = \frac{4,51}{2,53} = 1,78$$

$$\eta_{\text{вв}} = \frac{4,24}{1,44} = 2,94$$

Для всерішньої години «пік»:

$$\eta_{\text{вв}} = \frac{4,51}{1,83} = 2,44$$

$$\eta_{\text{ран}} = \frac{4,24}{2,31} = 1,83$$

Значення коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту визначаємо так [4, 5]:

$$K_{\text{довж}} = \frac{F_{\text{дир}}}{\sum_{i=1}^n F_{\text{дир}}} \quad (2.8)$$

Для ранкової години «пік»:

$$K_{\text{довж пр}} = \frac{101}{434/6} = 1,33,$$

$$K_{\text{довж зр}} = \frac{31}{130/6} = 1,39$$

Для вечірньої години «пік»:

$$K_{\text{довж пр}} = \frac{44}{95/6} = 1,38,$$

$$K_{\text{довж зр}} = \frac{72}{289/6} = 1,49.$$

Розрахунок коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за напрямками руху виконуємо наступним чином [4, 5]:

$$K_{\text{нар}} = \frac{Q_{\text{прям}}}{Q_{\text{зр}}} \quad (2.9)$$

де $Q_{\text{прям}}$, $Q_{\text{зр}}$ – відповідно обсяг перевезень у прямому та зворотньому напрямках маршруту, пас.

Для ранкової години «пік»:

$$K_{\text{нар}} = \frac{128}{44} = 2,73.$$

Для вечірньої години «пік»:

Результати розрахунку показників роботи транспортних засобів на маршруті зводимо до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 Показники роботи транспортних засобів на маршруті

Перегони	Ранковий час пік		Перегони	Вечірній час пік	
	Прямий напрям	Зворотний напрям		Прямий напрям	Зворотний напрям
W_{1-2}	13,33	3,15	W_{7-8}	4,30	75,60
W_{2-3}	13,12	5,5	W_{6-7}	4,1	50,38
W_{3-4}	14,52	12,71	W_{5-6}	4,95	20,09
W_{4-5}	31,35	10,72	W_{4-5}	9,12	17,24
W_{5-6}	58,93	18,63	W_{3-4}	15,62	25,33
W_{6-7}	105,60	9,45	W_{2-3}	14,4	7,4
W_{7-8}	86,86	7,59	W_{1-2}	8,6	5,28
Q	434,00	139	Q	95	289
t_{cp}	2,53	1,44	$Q_{\text{вв}}$	384	
γ_d	0,40	0,09	t_{cp}	1,85	2,31
γ_c	0,41	0,13	γ_d	0,09	0,32
η	1,78	2,94	γ_c	0,09	0,28
$K_{\text{світл}}$	1,33	1,39	η	2,44	1,83
$K_{\text{погр}}$	2,73		$K_{\text{світл}}$	1,38	1,49
			$K_{\text{погр}}$		0,39

Проведемо розрахунок швидкісних показників транспортних засобів на маршруті за допомогою табл. 2.7.

Визначимо середню технічну швидкість [4, 5]:

$$V = \frac{2 \cdot L_{\text{м}}}{t_{\text{пр}} + t_{\text{зв}}} = \frac{2L_{\text{м}}}{t_{\text{пр}} + t_{\text{зв}}} \quad (2.10)$$

де $L_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км;

$t_{\text{пр}}$ – середній час простоя на проміжній зупинці, год;

$n_{\text{зп}}$ – кількість проміжних зупинок, од.

$t_{\text{зп}}$ – час простою на кінцевій зупинці, год.

Для вечірнього години «пік»:

$$v_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 4,51}{14/60} = 38,66 \text{ км/год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7

Розрахуємо експлуатаційну швидкість [4, 5]:

$$V = \frac{v_{\text{пр}}}{n_{\text{зп}}} \quad (2.11)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$V = \frac{2 \cdot 4,51}{37/60} = 14,63 \text{ км/год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7.

Розрахуємо швидкість сполучення [4, 5]:

$$V_{\text{сп}} = \frac{2L_{\text{м}}}{t_{\text{об}} + t_{\text{зп}}} \quad (2.12)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$V_{\text{сп}} = \frac{2 \cdot 4,51}{37/60 + 2 \cdot 4/60} = 18,66 \text{ км/год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7

Порівняємо значення швидкостей руху транспортних засобів на маршруті. У випадку вірно проведених розрахунків має виконуватись нерівність [4, 5]:

$$v_{\text{пр}} > V_{\text{сп}} > V$$

$$38,66 > 18,66 > 14,63$$

Встановимо тривалість складників часу обертутранспортних засобів на маршруті.

Час руху транспортних засобів [4, 5]:

$$t_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{м}}}{V_{\text{с}}} \quad (2.13)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$t_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 4,51}{38,66} = 0,23 \text{ год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7.

Знайдемо загальний час простоя транспортних засобів на проміжних зупинках [4, 5]:

$$\sum_{\text{пр}} t_{\text{пр}} = t_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} \quad (2.14)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$\sum_{\text{пр}} t_{\text{пр}} = 0,0083 \cdot 6 = 4 \text{ хв.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7.

Визначимо загальний час простоя транспортних засобів на кінцевих зупинках [4, 5]:

$$\sum_{\text{кз}} t_{\text{кз}} = 2 \cdot t_{\text{кз}} \quad (2.15)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$\sum_{\text{кз}} t_{\text{кз}} = 2 \cdot 4/60 = 0,13 \text{ год} = 8 \text{ хв.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.7.

Розрахуємо продуктивність транспортного засобу у пас. W пас/год за формулою [4, 5]:

$$W = \frac{q_{\text{н}} \cdot V}{L_{\text{н}} + (t_{\text{н}} + t_{\text{в}})} \quad (2.16)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$W_{\text{вв}} = \frac{150 \cdot 0,09 \cdot 38,66}{4,51 + 4/60 + 0,5/60} = 278,76 \text{ пас / год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.8.

Розрахуємо продуктивність транспортного засобу за годину у пас. W км/год за формулою [4, 5]:

$$W = \frac{q_{\text{н}} \cdot V \cdot L_{\text{н}}}{L_{\text{н}} + (t_{\text{н}} + t_{\text{в}})} \quad (2.17)$$

Для вечірнього години «пік»:

$$W_{\text{вв}} = \frac{150 \cdot 0,09 \cdot 38,66 \cdot 4,51}{4,51 + 38,66 \cdot 0,5/60 + 4/60} = 261,81 \text{ км / год.}$$

Далі робимо розрахунки аналогічно, результати зводимо до табл. 2.8.

Таблиця 2.7 Швидкісні показники транспортних засобів та їх годинні складові

Значення	Ранковий час пік		Вечірній час пік	
	Прямий напрямок	Зворотний напрямок	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
V_r	36,08	36,39	38,66	33,96
V_e	14,63	13,77	14,63	13,77
V_c	15,03	14,15	18,66	14,15
$t_{\text{нв}}$	15	14	14	15
$t_{\text{в}}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$t_{\text{н}}$	8	8	8	8

Таблиця 2.8 – Показники продуктивності транспортних засобів

Значення	Ранковий час пік		Вечірній час пік	
	Прямий напрямок	Зворотній напрямок	Прямий напрямок	Зворотній напрямок
$Q_{\text{пр}}$	1044,07	591,05	278,76	595,4
$Q_{\text{зв}}$	1830,44	402,07	261,81	833,02

2.4 Визначення пасажиропотоків та кількості транспортних засобів на маршруті за годинами доби

Розрахуємо максимальний годинний пасажиропотік для напрямку з найбільшим пасажиропотоком за рейс та з відповідною кількістю ТЗ, що були отримані через обстеження формулою [4, 5]:

$$F_{\text{max}} = \frac{A \cdot \gamma \cdot q_n}{t_{\text{об}}}, \quad (2.18)$$

де $t_{\text{об}}$ – час оберту на маршруті, год. (0,62 год).

q_n – номінальна місткість автобуса, пас.

γ – динамічний коефіцієнт використання місткості; ($\gamma = 0,5$).

В рамках обстеження кількості транспортних засобів в годину обстеження з 09:00 по 10:00 проїхало повз 11 транспортних засобів, при цьому вже було визначено коефіцієнт використання пасажиромісткості 0,4, приймасмо 0,5.

$$F_{\text{годин}} = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 180}{37/60} = 1605 \text{ пас.}$$

На підставі параметрів роботи маршруту, визначається величина пасажиропотоку на маршруті, у кожний з годин його функціонування ($F_{i,j}$ – пас./год.) [4, 5]. Час функціонування маршруту з 6⁰⁰ до 22⁰⁰:

$$F_{i=j+1} = F_{\text{max}} \cdot k_{\text{в}} \quad (2.19)$$

де $F_{\max}$ – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас/год, приймаємо як $F_{\max} = 1605$ пас/год.

$k_{\text{нр}}$ – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по годинам доби.

Розрахунки для наступних годин проводимо з використанням коефіцієнтів нерівномірності

$$F_{\text{нр}} = F_{\max} \cdot k_{\text{нр}} = 3210 \cdot 0,3 = 963 \text{ пас.}$$

Розрахунки для наступних годин проводимо аналогічно і заносимо до табл. 2.10.

Таблиця 2.9 – Значення коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоку

Година доби	5 ⁰⁰ – 6 ⁰⁰	6 ⁰⁰ – 7 ⁰⁰	7 ⁰⁰ – 8 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,3	0,8	1
Година доби	8 ⁰⁰ – 9 ⁰⁰	9 ⁰⁰ – 10 ⁰⁰	10 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,8	0,5	0,3
Година доби	11 ⁰⁰ – 12 ⁰⁰	12 ⁰⁰ – 13 ⁰⁰	13 ⁰⁰ – 14 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,2	0,3	0,5
Година доби	14 ⁰⁰ – 15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ – 16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,6	0,6	0,8
Година доби	17 ⁰⁰ – 18 ⁰⁰	18 ⁰⁰ – 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ – 20 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,9	0,6	0,5
Година доби	20 ⁰⁰ – 21 ⁰⁰	21 ⁰⁰ – 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ – 23 ⁰⁰
$k_{\text{нр}}$	0,3	0,2	0,1

Кількість автобусів на маршруті в кожній з годин його функціонування ($A_{\text{нр}}$, од.) визначаємо виходячи з величини пасажиропотоку [4, 5]:

$$A_{\text{нр}} = \frac{F_{\text{нр}}(t+1) \cdot \sigma}{q_{\text{нр}}} \quad (2.20)$$

де $t_{\text{об}}$ – час оберту на маршруті, год; (0,62 год).

q_n – номінальна місткість автобуса, пас.

γ – динамічний коефіцієнт використання місткості; ($\gamma=0,5$).

$$A_{\text{об}} = \gamma q_n = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ пас.}$$

Розрахунки для наступних годин проводимо аналогічно і заносимо до табл. 2.10.

Таблиця 2.10 Результати розрахунків пасажиропотоку та кількості автобусів на маршруті по годинах доби

Година доби $F_{(i-1)}$	6 ⁰⁰ – 7 ⁰⁰ 2568	7 ⁰⁰ – 8 ⁰⁰ 3210	8 ⁰⁰ – 9 ⁰⁰ 2568	9 ⁰⁰ – 10 ⁰⁰ 1605
$A_{(i-1)}$	18	23	18	11
Година доби $F_{(i)}$	10 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰	11 ⁰⁰ – 12 ⁰⁰	12 ⁰⁰ – 13 ⁰⁰	13 ⁰⁰ – 14 ⁰⁰
$F_{(i-1)}$	963	642	963	1605
$A_{(i-1)}$	7	5	7	11
Година доби $F_{(i+1)}$	14 ⁰⁰ – 15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ – 16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ – 18 ⁰⁰
$F_{(i+1)}$	1926	1926	2568	2889
$A_{(i+1)}$	14	14	18	20
Година доби $F_{(i+2)}$	18 ⁰⁰ – 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ – 20 ⁰⁰	20 ⁰⁰ – 21 ⁰⁰	21 ⁰⁰ – 22 ⁰⁰
$F_{(i+2)}$	1926	1605	963	642
$A_{(i+2)}$	14	11	7	5

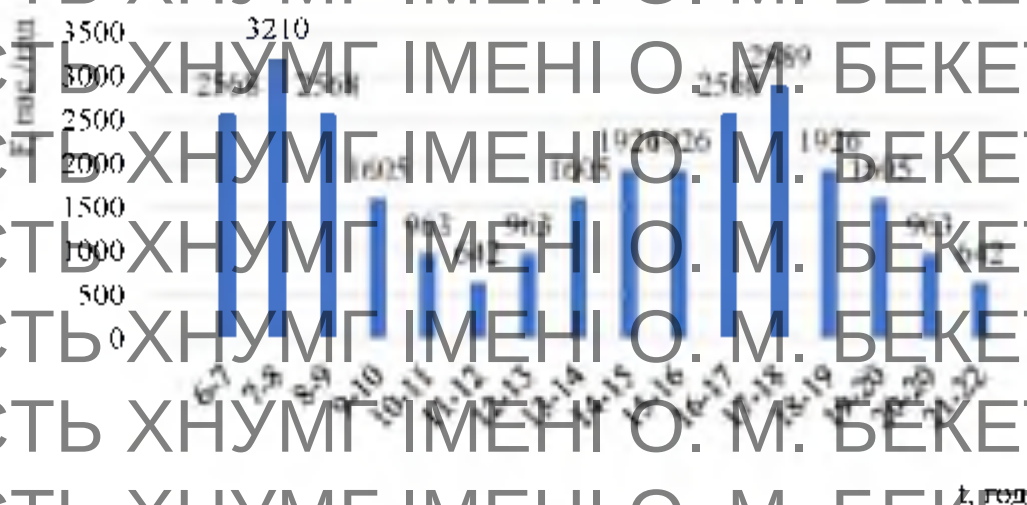


Рисунок 2.8 – Зміна пасажиропотоку за годинами доби



Рисунок 2.9 Зміна кількості тролейбусів за годинами доби

2.5 Висновки по розділу

Виконано характеристику об'єкта дослідження - тролейбусного маршруту №24 м. Харкова.

Проведено аналіз інфраструктури маршруту та визначено рівень його доступності для пасажирів.

У ході натурного обстеження зібрано дані щодо роботи маршруту в ранковий та вечірній періоди пікового навантаження, визначено інтервали руху транспортних засобів, а також досліджено маршрути, що проходять сусідніми ділянками траси.

На основі результатів обстеження розраховано основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту, зокрема напруженість пасажиропотоків, обсяг перевезень, транспортну роботу, середню дальність поїздки пасажирів, коефіцієнти використання пасажиромісткості та показники нерівномірності пасажиропотоків.

Отримані результати дозволили сформувати інформаційну та
розрахункову основу для подальшої розробки заходів щодо удосконалення
організації перевезень пасажирів на тролейбусному маршруті №24 м. Харкова.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТІ № 24 М. ХАРКІВ

3.1 Розробка заходів щодо організації перевезень на маршруті

Проведено перерахунок динамічного та статичного коефіцієнтів використання пасажиромісткості для тролейбуса ЛАЗ Е301, а також необхідну кількість атролейбусів на маршруті в кожну з годин його функціонування.



Рисунок 3.1 – Зміна кількості тролейбусів за годинами доби

3.2 Графо-аналітичний розрахунок

Для побудови графоаналітичного розрахунку режимів роботи тролейбусів і водіїв спершу необхідно визначити мінімальну та максимальну кількість тролейбусів на маршруті. Мінімальну кількість транспортних засобів приймає 4 одиниці.

Максимально можлива кількість тролейбусів визначається з урахуванням коефіцієнту дефіциту, що враховує можливий дефіцит транспортних засобів на окремому маршруті [4, 5]:

$$A_{\text{max}} = A_{\text{max}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (3.1)$$

де A_{max} – кількість автобусів в годину «пік», од.

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт дефіциту; $K_{\text{д}} = 1$.

$$A_{\text{max}} = 13 \cdot 1 = 13 \text{ од.}$$

Інтервал руху розраховуємо за наступною формулою

$$I_{\text{max}} = \frac{A_{\text{max}}}{A_{\text{д}} - (i + 1)}, \quad (3.2)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{13}{10} = 3,72 \rightarrow 4 \text{ год.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для інших годин руху та зводимо в таблицю 3.1.

На основі проведених розрахунків побудуємо таблицю та уточнений графік зміни кількості автобусів та інтервалів на маршруті по годинам доби (табл. 3.1 та рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Уточнений графік зміни кількості автобусів та інтервалів по годинам доби

Година доби	6 ⁰⁰ – 7 ⁰⁰	7 ⁰⁰ – 8 ⁰⁰	8 ⁰⁰ – 9 ⁰⁰	9 ⁰⁰ – 10 ⁰⁰
$A_{\text{д}} - i$	10	13	10	7
$I_{\text{д}}$, хв	4	3	4	6
Година доби	10 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰	11 ⁰⁰ – 12 ⁰⁰	12 ⁰⁰ – 13 ⁰⁰	13 ⁰⁰ – 14 ⁰⁰
$A_{\text{д}} - i$	4	4	4	7
$I_{\text{д}}$, хв	10	10	10	6
Година доби	14 ⁰⁰ – 15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ – 16 ⁰⁰	16 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	17 ⁰⁰ – 18 ⁰⁰
$A_{\text{д}} - i$	8	8	10	11
$I_{\text{д}}$, хв	5	5	4	3
Година доби	18 ⁰⁰ – 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ – 20 ⁰⁰	20 ⁰⁰ – 21 ⁰⁰	21 ⁰⁰ – 22 ⁰⁰
$A_{\text{д}} - i$	8	7	4	4
$I_{\text{д}}$, хв	5	6	10	10



– додані транспортні засоби.

Рисунок 3.2 – Уточнений графік зміни тролейбусів за годинами доби

Для організації роботи маршруту виконується графоаналітичний розрахунок, який передбачає застосування двох варіантів режимів праці водіїв: двозмінного та перерваного [4, 5].

Двозмінний режим роботи передбачає закріплення за одним транспортним засобом двох водіїв. Перший водій здійснює роботу на маршруті протягом визначеного періоду часу, після чого на кінцевому пункті маршруту його замінює другий водій, який продовжує виконання перевезень до завершення роботи маршруту [4, 5].

Перерваний режим роботи характеризується тим, що транспортний засіб обслуговується одним водієм, якому в міжпиковий період надається регламентована перерва для відпочинку («відстій») [4, 5].

Для забезпечення виконання встановлених умов допускається використання додаткових автобусо-годин, які на графоаналітичній діаграмі позначаються літерою «Д». Кількість додаткових годин обмежується значенням коефіцієнта графоаналітичної побудови [4, 5]:

$$k_{\text{эф}} = \frac{A_{\text{Ч}}^{\text{перв}}}{A_{\text{Ч}}^{\text{номр}} + A_{\text{Ч}}^{\text{д}}} \geq 0,91 \quad (3.3)$$

де $A_{\text{Ч}}^{\text{номр}}$ — автобусо-години потрібні (сумарна кількість клітин);

$A_{\text{Ч}}^{\text{д}}$ — автобусо-години додаткові (кількість клітин з буквою «Д»);

$$k_{\text{ф}} = \frac{119}{119 + 19} = 0,92$$

В результаті розрахунків можна побачити, що 1-4 випуски працюють по двозмінному режимі, 5-10 випуски по перерваному.



Рисунок 3.3. Графоаналітичний розрахунок режимів роботи автобусів і водіїв

3.3 Стрічковий графік руху

На підставі графоаналітичного розрахунку будемо стрічковий графік руху автобусів на маршруті (рис. 3.4).

Стрічковий графік демонструє рівномірний розподіл роботи 13 автобусів протягом експлуатаційного дня, наявність ранкового та вечірнього пікових періодів, а також постійний виїзд і повернення рухомого складу до тролейбусного депо. Стрічковий графік руху автобусів на маршруті відображає організацію роботи автобусів на маршруті протягом доби в інтервалі часу з 6:00 до 22:00.

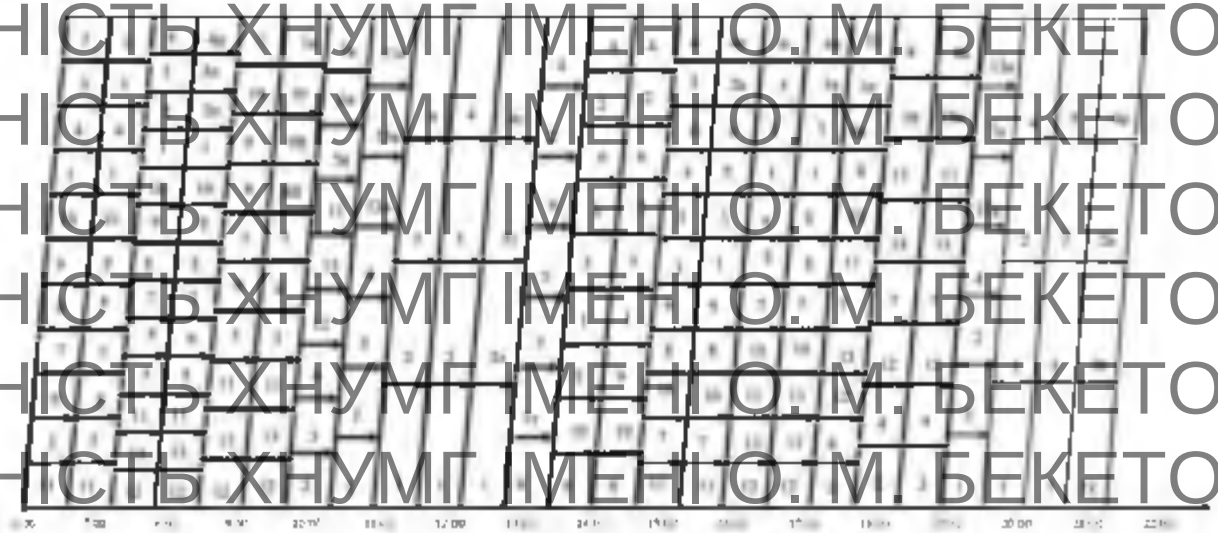


Рисунок 3.4 – Стрічковий графік руху автобусів на маршруті

На початку роботи маршруту, о 6:00, на лінію поступово виїжджаються тролейбуси. У ранковий період (з 6:00 до 10:00) спостерігається найбільша інтенсивність руху, що забезпечується одночасною роботою значної кількості транспортних засобів на мінімальних інтервалах між відправленнями. Це відповідає підвищеному пасажиропотоку в години ранкового піку.

У денний період (орієнтовно з 11:00 до 16:00) кількість автобусів на маршруті дещо зменшується, про що свідчить поява укрупнених часових інтервалів між рейсами та частковий відстій окремих транспортних засобів.

У другій половині дня та у вечірній годині пік (приблизно з 16:00 до 19:00) інтенсивність роботи маршруту знову зростає. Після 19:00 еностеріається поступове скорочення кількості тролейбусів на маршруті. ТЗ поетапно завершують роботу та сходять з лінії, при цьому останні рейси виконуються до 22:00. Така організація роботи забезпечує раціональне використання ТЗ протягом доби, адаптацію пропозицій транспортних послуг до зміни пасажиропотоку та підтримання нормативних інтервалів руху в різні періоди дня.

За представленим стручковим графіком сформований розклад руху транспортних засобів (табл. 3.2 – 3.5)

Таблиця 3.2 – Розклад руху випусків ТЗ (1 – 4 випуски)

1		2		3		4	
КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2
06:23	06:42	06:33	06:52	06:30	06:48	06:26	06:45
07:00	07:19	07:10	07:29	07:07	07:25	07:03	07:22
07:39	07:58	07:42	08:00	07:45	08:03	07:48	08:06
08:16	08:35	08:19	08:37	08:22	08:40	08:25	08:43
09:01	09:19	П		П		П	
09:38	09:56	09:42	10:00	09:46	10:04	09:50	10:08
П		10:24	10:42	10:29	10:48	10:34	10:53
10:19	10:37	11:05	11:23	11:14	11:33	11:23	11:42
10:56	11:14	11:42	12:00	11:51	12:10	12:00	12:19
11:33	11:51	12:19 (3)	12:37	12:28	12:47	12:37	12:56
12:10	12:28	13:13	13:31	12:57 (3)	13:16	13:18 (3)	13:37
12:52	13:10	13:52	14:11	13:40	13:58	13:56	14:15
13:36 (3)	13:54	14:29	14:48	14:17	14:35	14:33	14:52
14:13	14:31	15:08	15:26	14:58	15:16	15:11	15:30
14:54	15:13	15:45	16:03	15:35	15:53	15:48	16:07
15:31	15:50	П		16:18	16:37	П	
16:15	16:34	17:06	17:24	16:55	17:14	17:09	17:27
16:52	17:11	17:43	18:01	17:39	17:58	17:47	18:06
17:36	17:54	18:20	18:38	П		18:24	18:43
П		19:07	19:26	19:02	19:20	19:12	19:31
18:57	19:15	19:52	20:11	19:43	20:01	20:01	20:20
19:34	19:52	20:39	20:48	20:20	20:38	20:38	20:57
20:11	20:29	21:06	21:25	20:57	21:15	21:15	21:34
20:48	21:06	К		К			
К							

Таблиця 3.3 – Розклад руху випусків ТЗ (5 – 7 випуски)

5		6		7	
КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2
06:03	06:21	06:06	06:25	06:10	06:28
06:40	06:58	06:43	07:02	06:47	07:05
07:22	07:41	07:25	07:43	07:28	07:46
07:59	08:18	08:02	08:20	08:05	08:23
08:39	08:57	08:42	09:01	08:46	09:05
09:16	09:34	09:19	09:38	09:23	09:42
10:06	10:25	10:10	10:29	10:14	10:33
В		В		В	
13:02	13:21	13:08	13:26	14:41	14:59
13:44	14:03	13:48	14:07	15:18	15:36
14:21	14:40	14:25	14:44	16:05	16:23
15:01	15:20	15:04	15:23	16:42	17:00
15:38	15:57	15:41	16:00	17:19	17:37
16:22	16:40	16:25	16:44	17:56	18:15
16:59	17:17	17:02	17:21	18:33	18:52
К		К		19:23	19:41
				К	

Таблиця 3.4 – Розклад руху випусків ТЗ (8 – 10 випуски)

8		9		10	
КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2	КЗ 1	КЗ 2
06:13	06:31	06:16	06:35	06:20	06:38
06:50	07:08	06:53	07:12	06:57	07:15
07:31	07:49	07:33	07:52	07:36	07:55
08:08	08:26	08:10	08:29	08:13	08:32
08:50	09:08	08:53	09:12	08:57	09:16
09:27	09:45	09:30	09:49	09:34	09:53
В		В		В	
13:24	13:42	12:47	13:05	13:28	13:46
14:01	14:19	13:32	13:50	14:05	14:23
14:48	15:06	14:09	14:27	14:44	15:03
15:25	15:43	14:51	15:09	15:21	15:40
16:08	16:27	15:28	15:46	16:02	16:20
16:45	17:04	16:12	16:30	16:39	16:57
17:29	17:48	16:49	17:07	17:26	17:44
18:15	18:33	17:32	17:51	18:10	18:29
18:52	19:10	К		18:47	19:06
К				К	

Таблиця 3.5 – Розклад руху випусків ТЗ (11 – 13 випуски)

Т1		Т2		Т3	
КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2	КЗ1	КЗ2
06:00	06:18	07:14	07:32	07:16	07:35
06:37	06:55	07:51	08:09	07:53	08:12
07:19	07:38	08:28	08:46	08:31	08:50
07:56	08:15	09:06	09:23	09:08	09:27
08:35	08:53	09:54	10:12	09:58	10:16
09:12	09:30	10:40	10:58	10:45	11:03
10:02	10:21	В	В		
10:50	11:09	15:52	16:10	15:55	16:13
В		16:29	16:47	16:32	16:50
14:38	14:56	17:12	17:31	17:16	17:34
15:15	15:33	17:52	18:10	18:01	18:20
15:58	16:17	18:29	18:47	18:38	18:57
16:35	16:54	19:18	19:36	19:28	19:47
17:22	17:41	К	К		
18:06	18:24				
18:43	19:01				
К					

3.4 Оцінка безбар'єрності надання транспортних послуг на маршруті

Забезпечення безбар'єрності об'єктів транспортної інфраструктури є важливою складовою формування доступного міського середовища. Особливе значення мають зупиночні пункти громадського транспорту, оскільки вони є елементом щоденного користування для населення, зокрема осіб з інвалідністю, людей похилого віку, батьків із дитячими візками та інших маломобільних груп населення.

Відповідно до вимог безбар'єрності [6, 7], зупиночні пункти повинні забезпечувати безперешкодний та безпосередній доступ до місця очікування транспорту і посадки в транспортний засіб. Територія зупинки повинна мати рівне тверде покриття без значних дефектів та перешкод для пересування. Підходи до зупинки мають бути обладнані понижевими бордюрами та безпечними пішохідними переходами (рис 3.5).

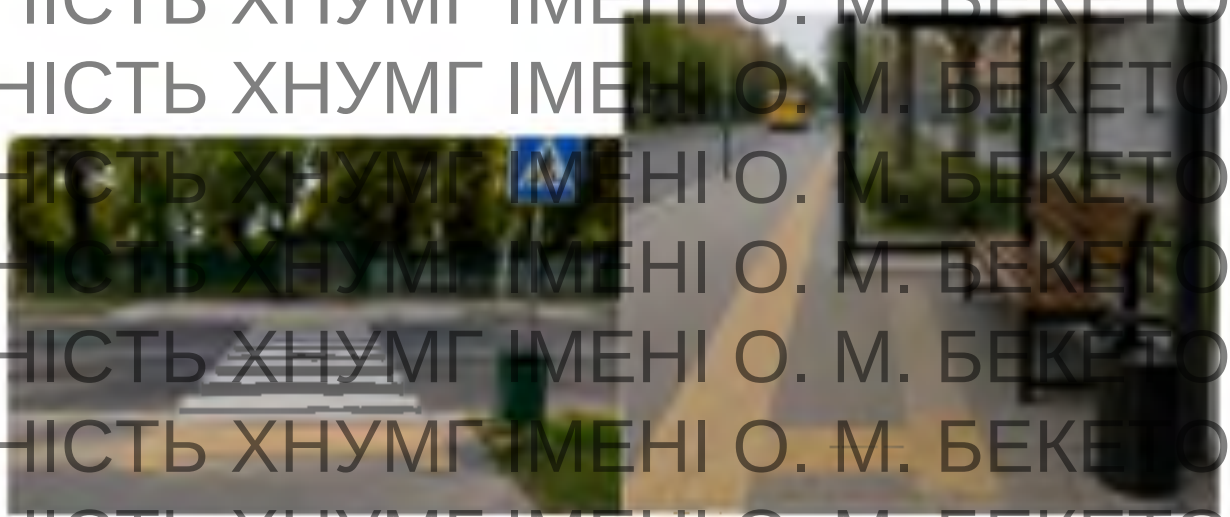


Рисунок 3.5 – Приклад облаштування зупиночного пункту відповідно до вимог безбар'єрності

Для осіб із порушеннями зору на зупинках рекомендується застосовувати тактильні елементи орієнтування та попередження. Також важливим є забезпечення достатньої ширини проходів для пересування крісломісних, наявність вільного простору для маневрування та безпечного очікування громадського транспорту (рис. 3.6)



Рисунок 3.6 - Приклад організації безбар'єрного доступу до зупинки громадського транспорту

Зупиночний пункт повинен бути обладнаний навісом для захисту пасажирів від несприятливих погодних умов, місцями для сидіння та інформаційними засобами, що дозволяють отримати відомості про маршрути та графік руху транспорту (рис. 3.7).

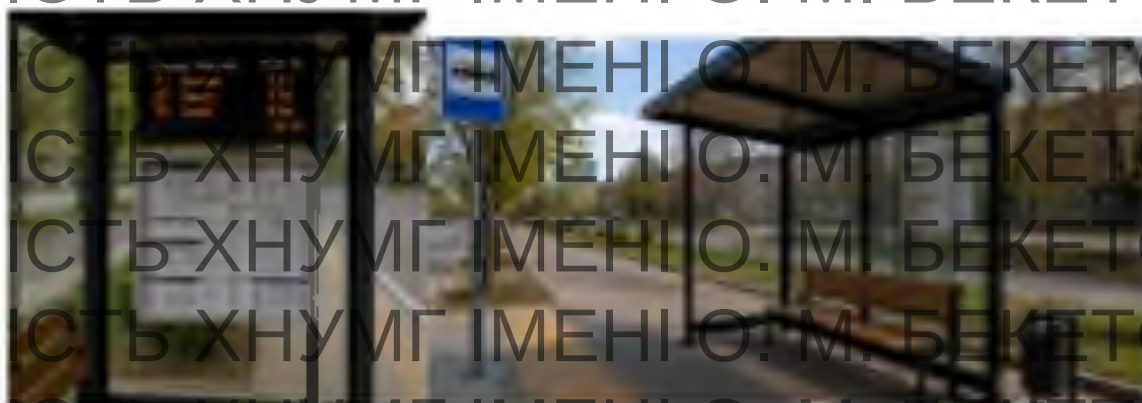


Рисунок 3.7 - Приклад елементів доступності на зупиночному пункті громадського транспорту

Оцінимо інфраструктуру маршруту та послуги, що надаються за основними бар'єрами доступності на міському пасажирському транспорті (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Бар'єри доступності на маршруті №24

Фізичні бар'єри	
1	2
Поганий стан зупинок	–
Відсутність пандусів, міні ліфтів	–
Погане технічне обслуговування автомобіля	–
Високі тарифи на проїзд	–
Проектування транспортних засобів	–
Відсутність місць для везення багажу	–

Продовження табл. 3.6

1	2
Відсутність пріоритетних місць	-
Вузькі двері та проходи	-
Високі проміжки між автобусом та платформою	-
Відсутній кольорний контраст сходинок та поручнів	-
Відсутність об'єктів оплати проїзду	-
Поручні з ускладненим доступом	-
Відсутність достатнього освітлення	-
Комунікація та інформація	-
Труднощі з пошуком інформації	-
Челостаністість каналів зв'язку	-
Відсутність багатомовної інформації	-

Також проведемо оцінку безбар'єрності на прикладі зупинки 602-й мікрорайон по тролейбусному маршруту №24 в прямому напрямку (рис. 3.8).

Під час обстеження встановлено, що на зупинці наявний навіс для очікування транспорту та облаштовані місця для сидіння, що створює базові умови комфорту для пасажирів. Також через зупинку здійснюється рух доступного громадського транспорту для осіб з інвалідністю не рідше одного рейсу на годину. Підхід до зупинки є вільним від значних перешкод для пішохідного руху, що забезпечує можливість безпечного доступу пасажирів до посадкового майданчика. Разом із тим було виявлено низку недоліків, які суттєво знижують рівень доступності об'єкта. Зокрема, параметри розміщення лави з навісом не відповідають нормативним вимогам щодо відстані від проїзної частини та необхідної довжини.



Рисунок 3.8 – Фото зупинки 602-й мікрорайон по тролейбусному маршруту

№24

На зупинці відсутні попереджувальні та інформаційні тактильні смуги, призначені для орієнтування осіб з порушеннями зору. Крім того, не передбачено засобів інформування пасажирів у вигляді розкладу руху, схем маршрутів або електронних інформаційних табло. Також відсутні тактильні елементи доступності на пішохідних переходах до зупинки від об'єктів соціальної інфраструктури.

Отримані результати свідчать про недостатній рівень пристосованості зупиночного пункту до потреб маломобільних груп населення. Відсутність окремих елементів безбар'єрності, які належать до критеріїв високої критичності, негативно впливає на безпеку, комфорт та самостійність пересування осіб з інвалідністю, людей похилого віку та інших маломобільних груп населення.

Для підвищення рівня безбар'єрності досліджуваного зупиночного пункту доцільно реалізувати комплекс організаційно-технічних заходів. Насамперед необхідно привести параметри зупинкового павільйону у відповідність до нормативних вимог щодо його розміщення відносно проїзної частини. Важливим заходом є обладнання попереджувальної тактильної смуги вздовж краю посадкового майданчика та інформаційної тактильної смуги, яка позначає місце посадки в транспортний засіб. Для покращення інформаційного забезпечення пасажирів рекомендується встановити інформаційний стенд із розкладом руху транспорту та схемою маршрутів, а за можливості – електронне табло для відображення часу прибуття транспортних засобів.

Крім того, необхідно забезпечити безперервний тактильний маршрут від найближчих об'єктів соціальної інфраструктури до зупинки громадського транспорту, що сприятиме самостійному пересуванню осіб із порушеннями зору. Також рекомендується перевірити відповідність висоти посадкового майданчика нормативним вимогам та, у разі необхідності, виконати його реконструкцію для забезпечення зручної посадки й висадки пасажирів з низькопідлогового рухомого складу.

Таким чином, відповідно до встановлених критеріїв оцінювання, досліджуваний зупиночний пункт слід віднести до бар'єрних об'єктів. Реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити рівень його доступності, покращити якість транспортного обслуговування населення та забезпечити більш комфортні й безпечні умови користування громадським транспортом для всіх категорій пасажирів.

Водночас результати обстеження свідчать, що рівень безбар'єрності зупиночних пунктів на маршруті є неоднорідним. Поряд із зупинками, які не відповідають окремим критеріям доступності, на маршруті наявні зупиночні пункти, що відповідають встановленим вимогам безбар'єрності або мають вищий рівень облаштування для потреб маломобільних груп населення. Це свідчить про часткове впровадження принципів безбар'єрності на маршруті та необхідність проведення подальших заходів щодо приведення всіх зупиночних пунктів до єдиного нормативного рівня доступності.

Також було проведено оцінку рівня безбар'єрності транспортних засобів тролейбусного маршруту №24 (рис. 2.4, 2.5), оскільки доступність громадського транспорту визначається не лише станом зупиночних пунктів, а й конструктивними особливостями транспортних засобів, що здійснюють перевезення пасажирів.

Важливим елементом забезпечення доступності громадського транспорту є відповідність рухомого складу вимогам безбар'єрності. Навіть за умови належного облаштування зупиночних пунктів відсутність доступного транспорту значно ускладнює пересування маломобільних груп населення.

На тролейбусному маршруті №24 міста Харкова експлуатуються тролейбуси моделей ЛАЗ Е301 та Škoda 15Tr (рис. 2.4, 2.5).

Порівняльний аналіз (рис. 3.9) показує, що тролейбус ЛАЗ Е301 значно краще відповідає сучасним вимогам безбар'єрності порівняно з моделлю Škoda 15Tr. Наявність низької підлоги, пандуса та спеціально облаштованих місць для осіб з інвалідністю забезпечує можливість самостійного користування транспортним засобом більшістю пасажирів. Водночас експлуатація тролейбусів Škoda 15Tr знижує загальний рівень доступності маршруту та створює додаткові перешкоди для маломобільних груп населення.

Таким чином, для підвищення рівня безбар'єрності тролейбусного маршруту №24 доцільним є поступове оновлення рухомого складу шляхом заміни застарілих високопідлогових тролейбусів сучасними низькопідлоговими транспортними засобами.

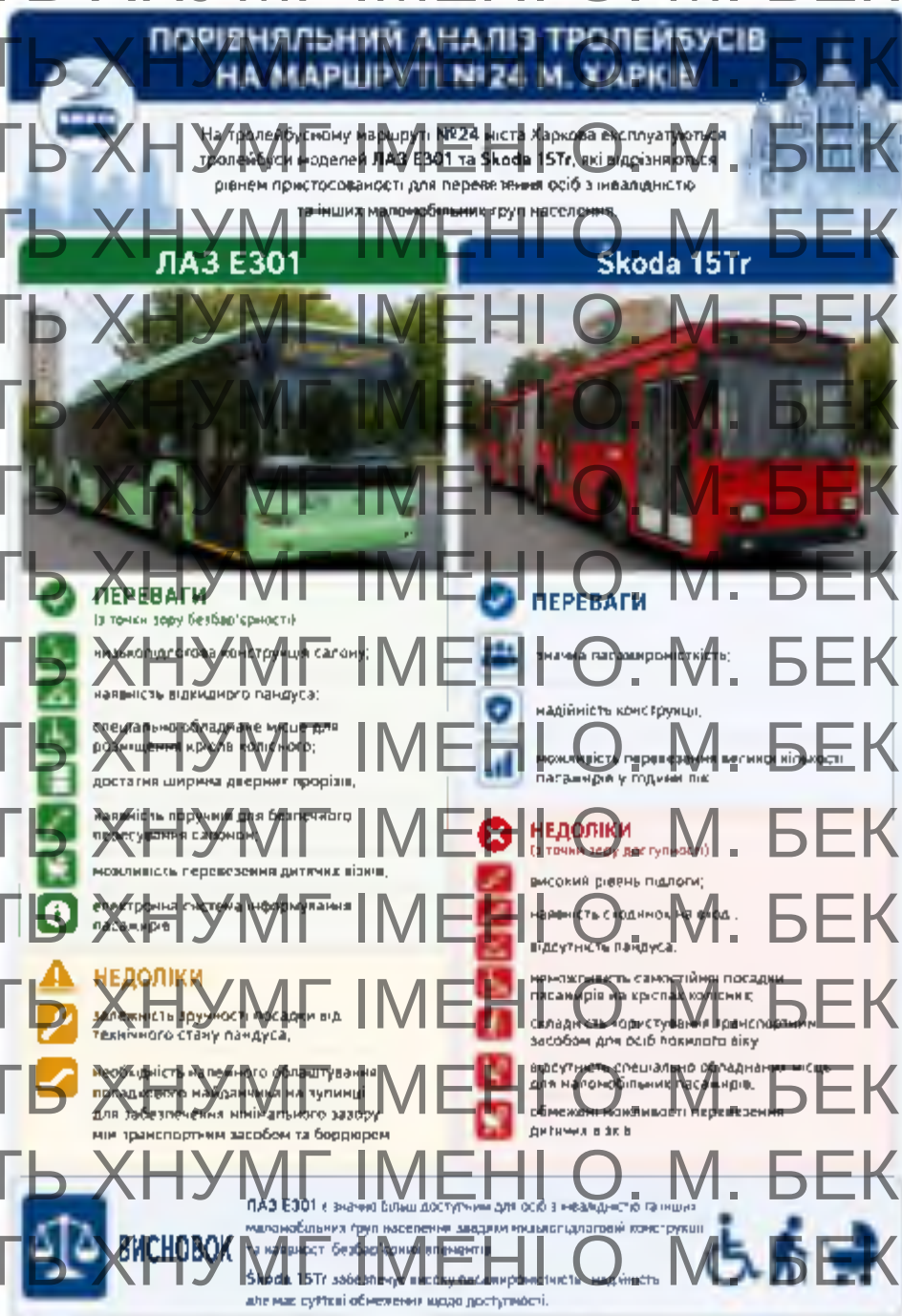


Рисунок 3.9 Порівняльний аналіз марок тролейбусів, що працюють на маршруті

3.4 Висновки по розділу

У результаті дослідження встановлено, що рівень безбар'єрності тролейбусного маршруту №24 м. Харкова залежить як від стану зусиної інфраструктури, так і від доступності рухомого складу. Аналіз зусиної пунктів виявив наявність низки фізичних та інформаційних бар'єрів, зокрема

незадовільний стан окремих елементів інфраструктури, відсутність тактильних засобів орієнтування, недостатнє інформаційне забезпечення та окремі невідповідності нормативним вимогам. За результатами обстеження вулиці «602-й мікрорайон» відносно до бар'єрних об'єктів через відсутність низки необхідних елементів доступності для маломобільних груп населення.

Оцінювання транспортних засобів показало, що тролейбус ЛАЗ Е301 відповідає сучасним вимогам безбар'єрності завдяки низькопідлоговій конструкції, наявності пандуса та спеціально обладнаних місць для осіб з інвалідністю, тоді як експлуатація високопідлогових тролейбусів Škoda 15Tr суттєво обмежує доступність маршруту. Для підвищення рівня безбар'єрності маршруту доцільно здійснити модернізацію зовнішньої інфраструктури, впровадити засоби тактильної та інформаційної навігації, а також поступово замінити застарілий рухомий склад сучасними низькопідлоговими транспортними засобами.

ВИСНОВКИ

За результатами виконаного дослідження встановлено, що сучасний розвиток міських пасажирських перевезень базується на впровадженні електричного транспорту, цифрових технологій, інтелектуальних транспортних систем та принципів безбар'єрності. Аналіз європейського досвіду показав доцільність його адаптації до умов України шляхом модернізації рухомого складу та транспортної інфраструктури, підвищення енергоефективності перевезень і забезпечення доступності транспортних послуг для всіх категорій населення.

У роботі виконано комплексне дослідження тролейбусного маршруту №24 м. Харкова, проведено аналіз його інфраструктури, транспортного обслуговування та основних техніко-експлуатаційних показників. Встановлено, що маршрут забезпечує значний обсяг перевезень пасажирів, однак потребує подальшого вдосконалення з точки зору доступності. Оцінювання безбар'єрності показало наявність окремих фізичних та інформаційних бар'єрів на зупиночних пунктах, а також неоднорідний рівень доступності рухомого складу. Визначено, що тролейбуси ЛАЗ Е301 відповідають сучасним вимогам безбар'єрності, тоді як експлуатація високопідлогових тролейбусів Škoda 15Tr знижує загальний рівень доступності маршруту. Запропоновані заходи кількості ТЗ, що працюють на маршруті, модернізації зупиночної сприятимуть підвищенню якості транспортного обслуговування, рівня безпеки та комфорту пасажирів, а також створенню більш доступного міського транспортного середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тарасенко О. В., Харченко Т. В., Лебідь Г. О. Розвиток пасажирського транспорту в умовах цифровізації: економічні та інфраструктурні аспекти // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. Т. 1, № 1 (92). С. 235–243.
2. Кириченко А. О., Орда О. О. Проблеми та перспективи розвитку міського пасажирського транспорту в рамках Європейського зеленого курсу // Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Статий розвиток транспортних систем: наука і практика : збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 25–26 листопада 2024 р., Харків. Харків : Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2024. С. 21–24.
3. Захаров О. В. Європейський досвід розвитку стійких транспортних систем // Актуальні проблеми науки та освіти : збірник матеріалів XVIII підсумкової науково-практичної конференції викладачів МДУ / за заг. ред. К. В. Балабанова. Маріуполь : МДУ, 2016. С. 65–68.
4. Вакуленко К. С., Доля К. В. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с. ISBN 978-966-695-382-0.
5. Доля К. В. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2011. 504 с. ISBN 978-966-8599-92-7.
6. Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 квіт. 2021 р. № 366-р. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: zakon.rada.gov.ua (дата звернення: 11.06.2026).
7. Вулиці та дороги населених пунктів : ДБН В.2.3-5:2018. Київ : Мінрегіон України, 2022. 67 с.
URL: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3153246724636807429/2022-09-01/2c8f2c5a1b9a4f6d8f0f52a7c9a5e5cf.pdf (дата звернення: 11.06.2026).

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Пасажирообмін зупинних пунктів у ранкову годину «пію»

Номер з/п	Прямий напрямок			Зворотний напрямок		
	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.	Номер зупинного пункту	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас.	
1	31	0	8	3	0	
2	4	3	7	3	0	
3	17	5	6	26	1	
4	11	0	5	1	4	
5	34	6	4	8	11	
6	12	7	3	6	8	
7	19	6	2	0	0	
8	0	101	1	0	23	

Таблиця А.2 – Пасажирообмін зовнішніх пунктів у вечірню годину «пік»

Номер з/п	Прямий напрямок			Зворотний напрямок		
	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас	Номер зовнішнього пункту	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас	
1	10	0	8	72	0	
2	1	1	7	4	21	
3	6	1	6	5	11	
4	1	0	5	0	4	
5	12	6	4	5	16	
6	2	12	3	1	17	
7	1	3	2	0	2	
8	0	10	1	0	16	