

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр

(освітній рівень)

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ BUS RAPID TRANSIT У МІСТАХ ОБЛАСНОГО ЗНАЧЕННЯ

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи МН-41
напряму підготовки (спеціальності) 275
Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<u>Лялик М.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Плекан У.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Плекан У.М.</u> (підпис)
Рецензент	<u>Миколюк Т.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	<u>Цьонь О.П.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра автомобілів

Освітній рівень бакалавр

Напрямок підготовки 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва)

Спеціальність
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Цьонь О.П.

«23» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Лялик Михайлу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження можливостей використання системи
Bus Rapid Transit у містах обласного значення

Керівник проекту (роботи) Плекан У.М., к.е.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 23 »січня 2025 року № 4/7-41

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 20.06.2025 р

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Паспорт маршруту, статистичні дані пасажиропотоку

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

1. Основні виклики міського громадського транспорту в Україні. 2. Проблеми функціонування маршрутної мережі міського транспорту. 3. Стан маршрутної мережі та приклади реформ у великих містах України. 4. Загальна характеристика та особливості використання системи Bus Rapid Transport. 5. Світовий досвід впровадження BRT. 6. Перспективи впровадження системи BRT в Україні. 7. Моделювання впровадження системи BRT у місті Києві. 8. Вимоги безпеки при впровадженні та експлуатації системи BRT. 9. Аналіз виробничих ризиків і заходи профілактики. 10. Організація охорони праці в транспортному підприємстві

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

1. Титульний лист. 2. Реферат. 3. Статистичні дані щодо пасажирського транспорту. 4. Порівняльна таблиця показників громадського транспорту м. Київ. 5. Порівняльні дані про маршрутні мережі та рухомий склад найбільших міст України (станом на 2024 рік). 6. Система BRT. 7. Моделювання функціонування BRT. 8. Діаграми. 9. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання	23.01.25р
-------------------------	-----------

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Розділ 1. Аналіз стану міських пасажирських перевезень і перспективи впровадження системи BRT	10.02.2025 р.	
2.	Розділ 2. Стратегії впровадження BRT: міжнародний досвід та вітчизняні можливості	09.06.2025 р.	
3.	Розділ 3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	16.06.2025 р.	
4.	Загальні висновки	18.06.2025 р.	
5.	Перелік посилань	18.06.2025 р	

Студент _____
(підпис)

Лялик М.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

Плекан У.М. _____

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ BRT	
1.1. Основні виклики міського громадського транспорту в Україні	7
1.2. Проблеми функціонування маршрутної мережі міського транспорту	10
1.3. Стан маршрутної мережі та приклади реформ у великих містах України	13
1.4. Загальна характеристика та особливості використання системи Bus Rapid Transport	27
РОЗДІЛ 2. СТРАТЕГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ BRT: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ВІТЧИЗНЯНІ МОЖЛИВОСТІ	
2.1. Світовий досвід впровадження BRT	36
2.2. Перспективи впровадження системи BRT в Україні	39
2.3. Моделювання впровадження системи BRT у місті Києві	42
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
3.1. Вимоги безпеки при впровадженні та експлуатації системи BRT	54
3.2. Аналіз виробничих ризиків і заходи профілактики	56
3.3. Організація охорони праці в транспортному підприємстві	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62

РЕФЕРАТ

У роботі досліджено можливості впровадження вискоєфективної системи швидкісного автобусного сполучення (Bus Rapid Transit – BRT) в умовах українських міст як одного з ключових інструментів підвищення мобільності населення та модернізації громадського транспорту.

У теоретичній частині проаналізовано світовий досвід функціонування BRT, охарактеризовано його базові принципи, переваги перед традиційними видами транспорту, а також соціально-економічні та екологічні переваги. Наведено типову структуру BRT-системи та представлено приклади її ефективної реалізації в містах країн Латинської Америки, Європи та Азії.

У другому розділі виконано аналіз транспортної ситуації в українському місті та розроблено концептуальну модель впровадження BRT-коридору, включаючи параметри пропускної здатності, розрахунки інтервалів руху, кількість рухомого складу, основні інфраструктурні вимоги та техніко-економічну оцінку доцільності проекту.

У розділі з охорони праці проаналізовано потенційні виробничі ризики, пов'язані з будівництвом та експлуатацією BRT, розроблено комплекс заходів профілактики та системну модель управління охороною праці в транспортному підприємстві відповідно до українського законодавства та міжнародних стандартів безпеки.

Результати дослідження підтверджують доцільність впровадження BRT у містах України як ефективного засобу сталого транспортного розвитку з високим рівнем безпеки, надійності та доступності.

ВСТУП

У роботі досліджено можливості впровадження високоефективної системи швидкісного автобусного сполучення (Bus Rapid Transit – BRT) в умовах українських міст як одного з ключових інструментів підвищення мобільності населення та модернізації громадського транспорту.

У теоретичній частині проаналізовано світовий досвід функціонування BRT, охарактеризовано його базові принципи, переваги перед традиційними видами транспорту, а також соціально-економічні та екологічні переваги. Наведено типову структуру BRT-системи та представлено приклади її ефективного реалізації в містах країн Латинської Америки, Європи та Азії.

У другому розділі виконано аналіз транспортної ситуації в українському місті та розроблено концептуальну модель впровадження BRT-коридору, включаючи параметри пропускної здатності, розрахунки інтервалів руху, кількість рухомого складу, основні інфраструктурні вимоги та техніко-економічну оцінку доцільності проєкту.

У розділі з охорони праці проаналізовано потенційні виробничі ризики, пов'язані з будівництвом та експлуатацією BRT, розроблено комплекс заходів профілактики та системну модель управління охороною праці в транспортному підприємстві відповідно до українського законодавства та міжнародних стандартів безпеки.

Результати дослідження підтверджують доцільність впровадження BRT у містах України як ефективного засобу сталого транспортного розвитку з високим рівнем безпеки, надійності та доступності.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ BRT

1.1. Основні виклики міського громадського транспорту в Україні

Українські міста сьогодні стикаються з низкою системних проблем в організації громадського транспорту. Застарілий рухомий склад – один із найочевидніших викликів (рис. 1.1). Значна частина автобусів, тролейбусів і трамваїв була випущена ще в 80–90-х роках ХХ ст. або на початку 2000-х. Через обмежене фінансування оновлення техніки відбувається повільно, тому середній вік транспорту залишається високим. Як наслідок, на лініях досі працюють морально й фізично застарілі радянських моделей чи старі автобуси, що нерідко ламаються і не відповідають сучасним вимогам комфорту та безпеки. Це впливає і на технічний стан рухомого складу, і на здатність міст закуповувати нові екологічні машини.

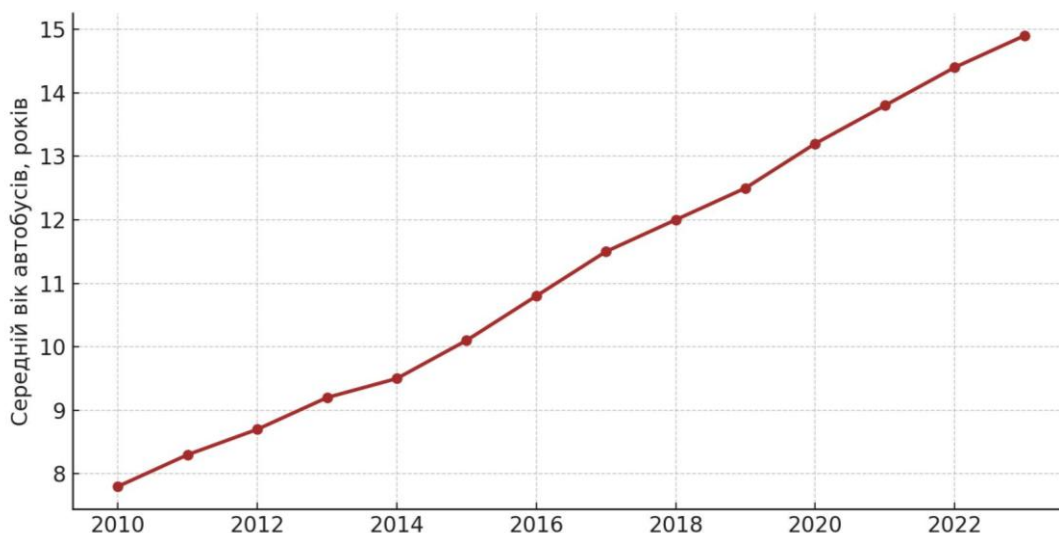


Рисунок 1.1 - Середній вік автобусів у містах України (2010–2023 рр.)

Пов'язана проблема – екологічність транспорту. Більшість автобусних парків складається з автобусів із дизельними двигунами, часто екологічного класу Euro-2 чи навіть нижче, що спричиняє підвищені викиди шкідливих

речовин у повітря міст (рис. 1.2). В той час як у країнах ЄС частка електротранспорту (електробуси, тролейбуси, трамваї) зростає, українські міста лише поступово переходять на екологічніші технології. Національна транспортна стратегія до 2030 року передбачає дотримання міжнародних екологічних норм та раціональне використання інфраструктури, а отже – поступову електрифікацію міського транспорту. Проте на практиці цей перехід гальмується браком коштів та інфраструктури (зарядні станції для електробусів, тощо). Нині лише кілька міст (наприклад, Київ, Львів) експериментують з електробусами, а основний спосіб знизити викиди – це модернізувати тролейбусні й трамвайні мережі та оновлювати їхній парк.

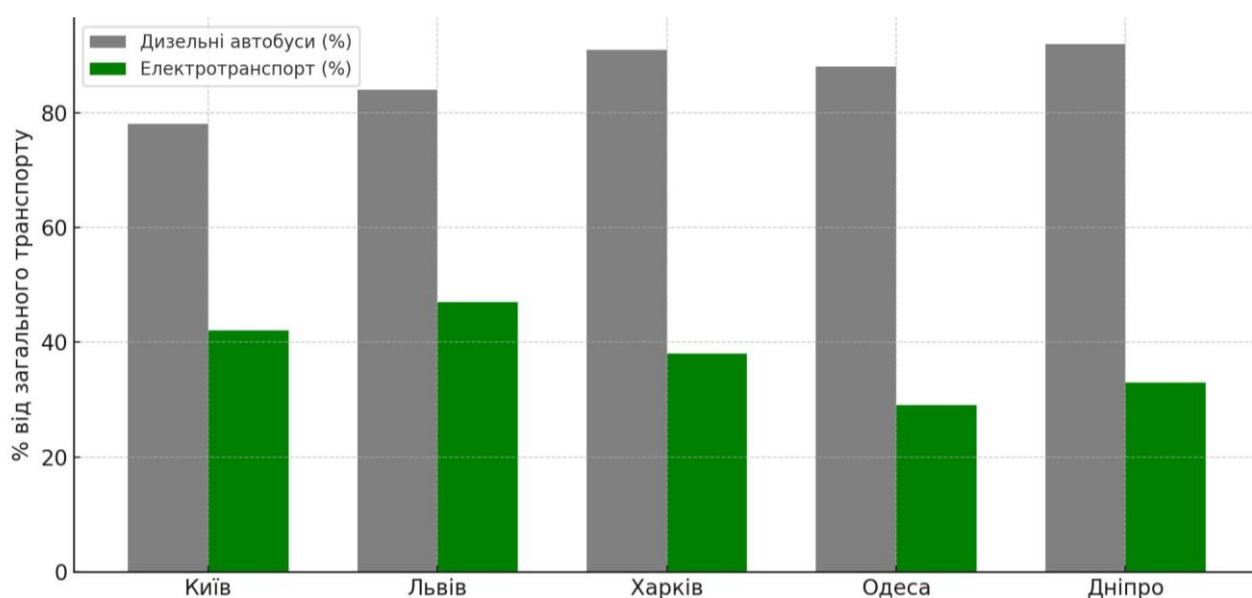


Рисунок 1.2 – Частка дизельного і електротранспорту в містах України

Ще один ключовий виклик – інклюзивність та доступність транспорту для маломобільних груп населення (табл. 1.1). Більшість старих автобусів і маршрутних таксі є високопідлоговими і не пристосованими для перевезення людей з інвалідністю, осіб похилого віку чи батьків з дитячими візками. Відсоток низькопідлогового рухомого складу дуже різниться по країні: якщо, приміром, в Івано-Франківську у 2020 році він становив понад 30%, то в Миколаєві – лише близько 1,6%. У багатьох обласних центрах тільки нові тролейбуси чи окремі великі автобуси є обладнаними пандусами та низькою підлогою, тоді як решта транспорту залишається недоступним.

Інклюзивність транспорту в містах України

Місто	Частка низькопідлогового транспорту (%)	Наявність пандусів (умовно, % транспорту)	Кількість доступних зупинок (%)
Івано-Франківськ	31.2	28	35
Миколаїв	1.6	2	5
Київ	24.7	20	40
Тернопіль	12.5	10	12
Харків	19.8	15	25

Це створює бар'єри для користування громадським транспортом значною частиною населення. Нерідко трапляються випадки, коли людина на інвалідному візку фізично не може сісти до автобуса – такі історії фіксували, зокрема, у Тернополі. Подолання цієї проблеми вимагає як оновлення техніки (закупівлі низькопідлогових моделей), так і переоснащення зупинок (підвищені посадкові платформи, тактильні елементи для осіб з вадами зору тощо).

Фінансова нестабільність і модель організації перевезень також стоять серед головних викликів. Історично у багатьох містах діє змішана система, де частину маршрутів обслуговують комунальні підприємства, а частину – приватні перевізники на комерційній основі. При цьому тарифи на проїзд часто штучно стримувалися владою, а витрати (зокрема на перевезення пільговиків) не компенсувалися в повному обсязі. Це призвело до хронічних збитків комунального транспорту і браку коштів на розвиток. Приватні ж перевізники намагалися мінімізувати витрати, що відбивалося на якості послуг – економія на ремонтах, зарплатах водіїв, недотримання графіків тощо. Додатково ситуацію у 2020–2022 роках ускладнили пандемія COVID-19 та повномасштабне військове вторгнення: пасажиропотоки різко впали, бюджети міст перенаправили кошти на першочергові потреби, частину рухомого складу було втрачено через бойові дії. У підсумку галузь опинилася у ще скрутнішому фінансовому стані. Для стабілізації фінансів експерти пропонують змінити модель – перейти до практики державного замовлення перевезень і оплати транспортної роботи, як це передбачено регламентом ЄС №1370/2007. Така реформа дала б змогу міським

бюджетам напряду компенсувати перевізникам витрати, одночасно вимагаючи від них якості й виконання графіків. Наразі ж через нестачу коштів українські міста вимушені покладатися на кредити міжнародних банків для купівлі нового транспорту або ж отримувати гуманітарну допомогу (вживані автобуси і трамваї з ЄС). Ситуацію дотепер характеризують як критичну, потребує системних рішень.

Окрім названих, не можна оминати увагою і організаційно-інфраструктурні виклики. До них належить перевантаженість міських доріг приватними авто та затори, які сповільнюють рух автобусів і тролейбусів у години пік. У великих містах (Київ, Харків, Одеса) громадський транспорт регулярно потрапляє в затори, оскільки спеціальних виділених смуг недостатньо або вони не всюди контролюються. Як наслідок – низька комерційна швидкість маршрутів, порушення розкладу і зменшення привабливості транспорту для пасажирів. Наприклад, Київ щодня потерпає від заторів на ключових магістралях, що збільшує час поїздки громадським транспортом для мешканців віддалених районів і приміської зони. Ще одна проблема – стан доріг і колій: розбиті дороги шкодять автобусам і маршруткам, трамвайні колії подекуди зношені й потребують модернізації. Все це комплексно впливає на якість транспортного обслуговування та потребує невідкладних реформ.

1.2. Проблеми функціонування маршрутної мережі міського транспорту

Окремо слід проаналізувати системні недоліки у побудові та функціонуванні маршрутної мережі в українських містах. Багато з цих проблем є спадком попередніх десятиліть, коли розвиток мережі відбувався хаотично або за застарілими підходами.

Неоптимальна структура і дублювання маршрутів. У ряді міст маршрутна мережа сформувалася стихійно у 1990-х – 2000-х роках, коли на тлі кризи комунального транспорту з'явилося багато приватних маршрутних таксі. Приватні перевізники запускали паралельні маршрути там, де був найбільший пасажиропотік, часто дублюючи існуючі тролейбусні чи трамвайні лінії. Це забезпечувало їм прибуток, але призвело до надлишкового дублювання: декілька маршруток можуть їхати однаковим шляхом, конкуруючи між собою, замість того щоб охоплювати нові райони (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Проблеми маршрутної мережі в містах України

Місто	Кількість маршрутів громадського транспорту	Частка маршрутів, що дублюють один одного (%)	Наявність транспортного оператора (1 - так, 0 - ні)	Впроваджено електронний квиток (1 - так, 0 - ні)	Покриття нових мікрорайонів (% житлових масивів)
Київ	480	42	1	1	65
Харків	310	58	0	0	48
Львів	215	27	1	1	60
Дніпро	180	49	0	0	40
Одеса	170	45	0	0	52

Неоптимальна мережа проявляється і в тому, що дуже багато маршрутів сконцентровані на центрі міста, тоді як між периферійними районами прямого сполучення немає. У підсумку – перевантаження центральних напрямків, нерівномірне покриття території та неефективне використання ресурсів. Фахівці вважають, що для виправлення ситуації потрібна комплексна оптимізація: прибрати дублюючі маршрути і натомість спланувати мережу за магістрально-подовженим принципом, де основні коридори обслуговують великі автобуси чи електротранспорт, а допоміжні маршрути підвозять пасажирів до цих коридорів. Такий підхід уже реалізовувався, наприклад, у Львові, де ще у 2010-х роках прибрати маршрутки, що дублювали трамваї і тролейбуси, та запустили більші автобуси до віддалених районів. Натомість у багатьох інших містах дублювання залишається нормою. В Харкові, приміром, до війни понад 10 різних маршрутів їхали паралельно центральним проспектам, змагаючись за пасажирів, замість

узгодженої роботи за єдиним розкладом. Така ситуація не тільки неефективна економічно, а й знижує якість перевезень: приватні маршрутки часто порушують графік у гонитві за пасажиром, що спричиняє нерегулярність руху.

Традиційно у більшості міст відсутній єдиний орган-оператор, що відповідає за планування всієї маршрутної мережі. Комунальні служби опікуються своїми автобусами, тролейбусами чи трамваями, а приватні перевізники – своїми маршрутками, координуючись з владою лише через дозвільні процедури. Відсутність загального “організатора перевезень” призводить до того, що маршрути різних форм власності не узгоджені між собою по розкладах і схемах руху. Також до недавнього часу не було єдиної системи оплати: кожен транспортний засіб мав свій квиток, що унеможливлювало зручні пересадки без повторної оплати. Така розрізненість робила користування громадським транспортом менш привабливим – пасажирі віддавали перевагу прямим маршруткам без пересадок, навіть якщо ті менш комфортні. Зараз ситуація поступово змінюється: у кількох містах запроваджено електронний квиток на весь транспорт, що дозволяє здійснювати пересадки. Наприклад, у Львові впровадження єдиного е-квитка (система “Леокарт”) дасть змогу безкоштовно пересідати протягом визначеного часу, що має стимулювати пасажирів користуватися кількома видами транспорту для доїзду. Проте в більшості міст така інтеграція ще попереду. Київ запустив е-квиток у 2019–2020 роках (Kyiv Smart Card), об’єднавши оплату в метро, автобусах, трамваях і тролейбусах, але приватні маршрутки довгий час цю систему не приймали (станом на 2021 рік багато з них все ще працювали лише за готівку). Відсутність централізованого планування також проявляється в слабкій координації розкладів між, скажімо, прибуттям електричок і роботою міських автобусів, або між різними маршрутами, що могли б забезпечувати зручну пересадку. Розв’язання цієї проблеми вбачають у створенні транспортних департаментів/агентств, які будуть замовляти і контролювати перевезення на всіх маршрутах (за прикладом європейських міст).

Маршрутні мережі українських міст часто не встигають за просторовим розвитком самих міст. Нові житлові квартали або приміські громади, що

інтегрувалися в міську агломерацію, нерідко слабо охоплені громадським транспортом. Якщо в центрі і вздовж кількох основних магістралей маршрути переповнюють дороги, то деякі периферійні мікрорайони мають лише 1–2 маршрути з великими інтервалами руху. Нерідко мешканці віддалених передмість змушені робити кілька пересадок, щоб дістатися роботи, або взагалі користуватися нелегальними перевізниками. Як приклад, у приміських зонах виник феномен так званих «соціальних автобусів» – коли місцева влада чи бізнес наймає автобус для підвезення людей туди, куди не ходить регулярний транспорт. Таким чином громади намагаються самотужки вирішити проблему ізольованості. Наявність “білих плям” на транспортній мапі міста знижує загальну мобільність населення і стимулює користування приватними автомобілями. Вирішити цю проблему можливо шляхом перегляду схем маршрутів: запуск нових ліній у житлові масиви, продовження існуючих маршрутів до нових точок тяжіння (торгових центрів, бізнес-парків, тощо), організація прямого сполучення між спальними районами, минаючи центр.

1.3. Стан маршрутної мережі та приклади реформ у великих містах України

Аналіз практичних кейсів найбільших міст країни дозволяє краще зрозуміти як загальноукраїнські проблеми, так і успішні рішення у сфері міського транспорту. Розглянемо стан та розвиток маршрутних мереж у Києві, Львові, Харкові, Дніпрі – містах, що задають тон транспортній політиці України.

Столиця України має найбільшу та найскладнішу систему громадського транспорту країни. У Києві діють всі види транспорту: метро, автобуси, тролейбуси, трамваї, міська електричка та фунікулер. Маршрутна мережа сформована як комунальними маршрутами КП «Київпастранс», так і численними приватними маршрутними таксі. Станом на 2021 рік у Києві налічувалося

близько 90 автобусних маршрутів Київпастрасу, на яких працювали 4 автобусні парки із ~647 автобусами (509 з них на ходу). Паралельно існувало понад 100 приватних маршруток. Трамвайна мережа столиці складається з 22 маршрутів (239,6 км колій), тролейбусна – з ~48 маршрутів (близько 500 км контактної мережі). Київський тролейбус взагалі є рекордним – це «найбільша у світі тролейбусна мережа за протяжністю ліній», яка має 496 км ліній, а на балансі перебуває понад 600 тролейбусів. Метрополітен Києва складається з 3 ліній, які транспортують близько половини всіх пасажирів міста. Щодоби київський громадський транспорт (наземний) до повномасштабної війни перевозив близько 1,5–1,7 млн пасажирів, у тому числі 150 тис. – тільки між берегами Дніпра автобусами і тролейбусами (табл. 1.3) [1, 2, 3].

Таблиця 1.3

Порівняльна таблиця показників громадського транспорту
Києва (2018–2021 рр.)

Показник	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Кількість автобусних маршрутів КП	90	92	89	~90
Автобуси на балансі	~630	~640	~645	~647
— з них на ходу	~520	~515	~505	509
Приватні маршрутки (маршрутне таксі)	>150	~130	~110	>100
Кількість тролейбусних маршрутів	46	47	47	~48
Протяжність тролейбусних ліній (км)	490	493	495	496
Кількість тролейбусів	~620	~610	~605	>600

Кількість трамвайних маршрутів	23	22	22	22
Протяжність трамвайних колій (км)	~240	239,8	239,7	239,6
Кількість ліній метро	3	3	3	3
Станцій метро	52	52	52	52
Щоденний пасажиропотік (всі види, млн)	~2,0	~1,95	~1,6	~1,5–1,7
— у метро	~1,3	~1,25	~1,0	~0,9
— у наземному транспорті	~0,7	~0,7	~0,6	~0,6–0,8

Основні проблеми київського транспорту віддзеркалюють загальноукраїнські тенденції: це і дублювання маршрутів (приватні маршрутки роками повторювали схеми руху комунальних тролейбусів і метро), і перевантаженість центру, і нестача рухомого складу на околицях. Експерти зазначали, що головна вада Києва – відсутність єдиного координаційного органу з транспорту та роздробленість відповідальності. До 2021 року у столиці фактично не було організатора перевезень, який би планував мережу в цілому – кожен перевізник діяв автономно.

Втім, у останні роки перед війною Київ здійснив кілька важливих реформ. По-перше, у 2019–2020 рр. місто повністю перейшло на електронний квиток. Запровадження системи Kyiv Smart Card об'єднало метро, автобус, трамвай і тролейбус спільною системою оплати, скасувавши паперові квитки. Це дозволило запровадити пересадкові тарифні продукти і отримувати точний облік пасажиропотоку. Е-квиток став важливим кроком до інтеграції транспорту, адже пасажир тепер можуть легше комбінувати різні види транспорту протягом поїздки. По-друге, столиця почала оновлення рухомого складу. У 2020–2021 рр. було придбано понад 200 нових великогабаритних автобусів МАЗ і «Богдан», завдяки чому на маршрути щодня виходило вже понад 500 автобусів (до оновлення було близько 300). Це дало змогу замінити частину старих маршруток

більш місткими і комфортними машинами. Також раніше, у 2017–2019 рр., Київ закупив 47 нових низькопідлогових трамваїв «Електрон» та «Pesa», що дозволило покращити обслуговування на швидкісних трамвайних маршрутах.

Важливим кроком стало й реформування маршрутної мережі: місто поступово розривало угоди з недобросовісними приватними перевізниками, закривало дублюючі маршрути та запускало нові комунальні автобуси на ключових напрямках. Наприклад, було створено низку нічних маршрутів автобусів і тролейбусів, що раніше забезпечувалися лише маршрутками. Почала впроваджуватися концепція магістральних маршрутів: з околиць пасажирів підвозять до пересадкових вузлів, а далі вони їдуть метро чи швидкісним трамваєм. Хоча ця реформа не завершена, вже до початку 2022 року спостерігалося певне упорядкування мережі – скоротилася кількість хаотичних маршруток, особливо в центрі. Міська влада також приділяла увагу виділеним смугам для громадського транспорту: було облаштовано нові автобусні смуги на магістралях (приміром, на проспектах Перемоги, Бажана, Броварському), що мало пришвидшити рух автобусів у годину пік. Хоча контроль за цими смугами потребує покращення, сам факт їх появи – позитивний зсув у пріоритетах міста.

Незважаючи на прогрес, проблеми транспорту Києва залишаються актуальними. Серед них: збереження залежності від маршруток (їх досі понад 100, вони перевозять значну частку пасажирів), низька швидкість руху наземного транспорту через затори, зношеність інфраструктури (для прикладу, трамвайні колії на Лівобережжі потребують модернізації, що стало очевидним після аварії на Борщагівській лінії у 2019 р.). Повномасштабна війна 2022 року теж завдала удару – в перші місяці оборони Києва транспорт працював з перебоями, частина водіїв була мобілізована, а бюджетні кошти перенаправлені. Проте місто поступово відновило роботу транспорту, зробивши проїзд безкоштовним на комунальному транспорті в найтяжчі періоди для підтримки мобільності населення.

Загалом, київський транспорт демонструє поступове впровадження реформ – від е-квитка до оновлення парку – але потребує подальшого

комплексного планування маршрутної мережі, щоб максимально ефективно використати наявну інфраструктуру і позбутися спадку “тіньових” перевезень.

Починаючи з підготовки до Євро-2012, місто Львів здійснило низку кроків для модернізації маршрутної мережі та інфраструктури. До 2009 року транспортна схема Львова була типовою для пострадянського міста: велику роль грали приватні маршрутки, що хаотично дублювали один одного і електротранспорт. Проте міська влада взяла курс на пріоритезацію екологічного електротранспорту та впорядкування маршрутів. Транспортна реформа 2012 року кардинально змінила мережу автобусних маршрутів Львова: замість десятків перенасичених маршруток запровадили меншу кількість чітко окреслених маршрутів із більшими автобусами. Зокрема, Львів «прибрав маршрути, які дублювали електротранспорт, та закупив 12-метрові автобуси, що довозили людей з віддалених районів до центру». Тобто електротранспорт (трамвай і тролейбус) став каркасом мережі, а автобуси – підвозять пасажирів туди, де рейок немає. Це дозволило зменшити кількість тісних “бусиків” на вулицях і натомість перевозити більше людей комфортніше.

На сьогодні (2025 р.) громадський транспорт Львова представлений такими маршрутами: 8 трамвайних, 10 тролейбусних та 20 комунальних автобусних маршрутів. Окрім того, діють приблизно 32 автобусні маршрути у режимі маршрутного таксі – ті самі приватні перевізники, але їхня кількість значно скорочена порівняно з 2000-ми роками. Таким чином, місто перейшло від майже стовідсоткової залежності від маршруток до збалансованої системи, де дві третини перевезень забезпечують автобуси великої місткості (переважно комунальні). Рухомий склад за останні роки також оновлено: місто закупило нові низькопідлогові трамваї «Електрон» українського виробництва (а також отримало вживані трамваї з Берліна), придбало понад 100 нових низькопідлогових автобусів МАЗ і Електрон, а також сучасні тролейбуси (частина з автономним ходом) в межах кредитних програм ЄБРР. Станом на 2024 рік у робочий день на лінію у Львові виходять ~75 трамваїв, ~70 тролейбусів та до 480 автобусів – ці цифри свідчать про доволі потужний парк транспорту, як для міста з населенням ~800 тис. осіб [4, 5, 6].

Львівська міська влада приділяє значну увагу інноваціям у сфері організації транспорту. З січня 2022 року у Львові повноцінно запрацював єдиний електронний квиток “LeoCard”, який поширюється на всі види комунального транспорту. Впровадження е-квитка прибрато з обігу готівку, зробило прозорим облік пасажирів і дозволило безкоштовні пересадки в межах однієї поїздки. За рахунок цього львів’яни отримали стимул користуватися пересадковими маршрутами (наприклад, “трамвай + автобус”) без додаткової оплати, що оптимізує транспортні потоки. Окрім того, у Львові активно розбудовують інфраструктуру: реконструйовано низку площ і вулиць із врахуванням потреб транспорту (приклад – площа Двірцева перед головним вокзалом, яка після реконструкції отримала сучасний транспортний хаб з зупинками трамваїв, автобусів та простором для пішоходів. Також облаштовано виділені смуги на основних напрямках, що підвищило швидкість руху громадського транспорту [4, 5, 6].

Попри успіхи, Львів усе ще має виклики. Географія міста компактна, історична частина з вузькими вулицями створює «повільність» транспорту – середня швидкість руху невисока через відсутність можливості прокласти окремі коридори. Затори у години пік теж трапляються, особливо на входах до центру. Але стратегія міста залишається незмінною: розвиток електротранспорту (планується будівництво нових тролейбусних ліній, наприклад, на Сихів), подальше оновлення парку (у 2023–24 рр. Львів отримав 10 вживаних трамваїв Tatra KT4DM із Берліна та 50 автобусів з Польщі як допомогу) і підвищення комфорту для пасажирів. Львів показує, що навіть за обмежених ресурсів можна системно реформувати маршрутну мережу: прибрати зайве, посилити найважливіше і зробити транспорт більш привабливим для людей [4, 5, 6].

Харків – друге за населенням місто України – історично мав одну з найрозвиненіших транспортних систем, успадковану ще з радянських часів. Тут діють метро, трамвай, тролейбус, обширна мережа автобусів і маршрутних таксі. До повномасштабної війни 2022 року міський транспорт Харкова перевозив сотні тисяч пасажирів щодня, причому близько 45% з них обирали метро як найшвидший і найнадійніший засіб пересування. Наземна мережа складалася

(станом на 2021 р.) приблизно з 12 трамвайних маршрутів та до 29 тролейбусних маршрутів, а також десятків автобусних – як комунальних, так і приватних. Протяжність рейкового полотна трамвая була понад 200 км, контактна мережа тролейбуса – понад 260 км. Тобто за масштабом інфраструктури Харків поступався хіба що Києву. Однак, якість функціонування цієї системи викликала багато нарікань [7, 8, 9].

Проблеми Харкова у сфері транспорту накопичувалися роками. Фахівці відзначали, що ще з 2000-х місто «деградувало в питанні транспортного планування», надаючи пріоритет автомобілям, а не громадському транспорту. Наслідком такого підходу стало поступове згортання електротранспорту: міська влада свідомо скорочувала трамвайні лінії, аргументуючи це необхідністю ремонту доріг. Відомий приклад – демонтаж трамвайних колій на вул. Весніна у 2021 році, проведений попри протести громадськості. Загалом за останні 10–15 років Харків закрив декілька трамвайних маршрутів, ліквідував контактну мережу тролейбуса на деяких вулицях у центрі. Усе це зменшило охоплення міста електротранспортом і збільшило навантаження на автобуси та приватні авто [7, 8].

Щодо маршрутної мережі, то Харків залишався залежним від маршруток: на початок 2022 року у місті діяло понад 100 маршрутних таксі, які часто дублювали комунальні маршрути і працювали без узгодженого розкладу. Рухомий склад теж був болючим місцем. Значна частина трамвайних вагонів і тролейбусів у Харкові відслужила по 30–40 років. За даними місцевих оглядачів, харківський транспорт «не оновлюється десятиліттями, є неінклюзивним», а містяни звикли до постійних поломок і зривів рейсів. Наприклад, у 2020 році в Харкові регулярно фіксували простої електротранспорту через аварії – сумарно трамваї простоювали понад 600 годин за рік, тролейбуси – понад 280 годин. Це свідчило про критичний стан техніки та мереж. На маршрутах часто можна було побачити старі тролейбуси «ЗіУ-682» 1980-х рр. випуску, а роль автобусів виконували переобладнані вантажні “Рути” чи старі ЛАЗи. Така ситуація, природно, не задовольняла мешканців: за опитуваннями, харків’яни скаржилися,

що «громадський транспорт постійно підводить: то змінюється маршрут, то ламається транспорт».

Влада Харкова до 2022 року декларувала наміри покращити транспорт, але на практиці робила суперечливі кроки. З одного боку, місто ще у 2016–2019 рр. придбало певну кількість нових тролейбусів (у тому числі частину – з автономним ходом на акумуляторах) за кредитні кошти, запустило кілька нових тролейбусних ліній до віддалених мікрорайонів. З іншого боку – продовжило демонтаж трамвая. Високий рівень моторизації (більше 250 авто на 1000 мешканців) теж працював проти громадського транспорту: приватні авто заповнили дороги, створюючи затори, а громадський транспорт стояв у тих самих корках без пріоритету. На початку 2022 року Харків отримав шанс на масштабну реконструкцію транспорту завдяки державній програмі і кредитам ЄІБ: планувалося продовжити метро, закупити нові вагони і автобуси. Однак війна перекреслила ці плани [8, 9].

Під час бойових дій 2022 року транспортна інфраструктура Харкова зазнала значних руйнувань. Обстрілами було пошкоджено трамвайні депо, контактні мережі, багато рухомого складу. Метро припиняло роботу та слугувало бомбосховищем, а наземний транспорт працював обмежено. У таких умовах міська влада ухвалила рішення зробити проїзд у комунальному транспорті безкоштовним для мешканців на певний час – це допомогло підтримати мобільність населення під час кризи. Вже в 2023 році Харків поступово відновив роботу основних маршрутів: метро запустили повністю, трамваї і тролейбуси вийшли на лінії, хоча й за укороченими маршрутами (бо деякі колії ще не відремонтовані). На окремих напрямках транспорт довелося перепланувати – так, через зруйновані мости організували нові автобусні маршрути-об'їзди [7-9].

Сьогодні перед Харковом постають подвійні завдання: відбудувати зруйноване та одночасно провести реформу маршрутної мережі, яка була потрібна ще до війни. Експерти і активісти наголошують, що після перемоги є шанс зробити Харків сучасним «містом для людей, а не для машин». Для цього пропонують не відновлювати ліквідовані трамвайні колії, а навпаки – будувати нові швидкі трамвайні лінії, розвивати електробуси, запровадити е-квиток та

впровадити нову модель перевезень за європейським зразком. Зокрема, ідеться про конкурсні контракти для перевізників, оновлення автобусного парку (можливо, за рахунок сучасних вживаних автобусів з Європи) та створення єдиного диспетчерського центру. У 2023 році Харків вже отримав деяку допомогу – наприклад, гуманітарно передані автобуси MAN з німецького міста Нюрнберг. Вони вийшли на маршрути, покращивши ситуацію на окремих напрямках.

Отже, Харківський транспорт – приклад міста, де великі масштаби мережі не гарантували належної якості без правильної політики. Наразі місто має шанс «перезібрати» свою маршрутну мережу фактично з нуля після воєнних руйнувань і зробити її більш ефективною та зручною для мешканців.

Місто Дніпро (колишній Дніпропетровськ) за радянських часів мало розвинені трамвай та тролейбус, але в пострадянський період стало відомим як столиця маршруток. Ще на початку 2010-х основу перевезень у Дніпрі складали сотні приватних маршрутних таксі, а комунальний автобус практично був відсутній. Трамвайна мережа скорочувалася (закрито кілька ліній у центрі, з 17 маршрутів залишилося 12), тролейбус теж не надто розвивався (на сьогодні 21 маршрут). Місцева влада довго не могла навести лад: маршрутки забезпечували гнучкість, але часто працювали хаотично [10, 11].

Ситуація почала змінюватися в останні п'ять років. Дніпро запроваджує власну транспортну реформу, роблячи ставку на розвиток комунального електротранспорту та поступову заміну частини маршруток. З 2017 року у місті відкрито 4 нові тролейбусні маршрути (та продовжено 4 існуючі), зокрема в райони, де раніше не було тролейбусного сполучення. Для цього за кошти ЄБРР придбано десятки нових тролейбусів, у тому числі автономних (їздять без дротів на околицях). Трамвай модернізується повільніше, але і там відбулися зрушення: місто закупило кілька нових вагонів та отримало вживані трамваї з Європи для оновлення парку. Важливим кроком стало створення муніципальної автобусної колони у 2022 році. Після ракетного удару, який знищив одне з приватних АТП восени 2022-го, міська влада оперативно запустила тимчасові комунальні автобуси, а згодом зробила їх постійними [10, 11]. Наразі КП «Дніпровський електротранспорт» обслуговує 5 автобусних маршрутів (№7-К, 32-К, 48-К, 75-К,

109-К), використовуючи близько 30 автобусів щодня. Ці маршрути покривають райони, де не ходять трамваї і тролейбуси, забезпечуючи мешканцям зв'язок з ключовими вузлами.

Загалом у будні дні на лінії в Дніпрі зараз виходить ~50 тролейбусів (з 90 на балансі) та близько 30 комунальних автобусів, а також весь приватний транспорт. У місті щодня курсує приблизно 700 автобусів (включно з маршрутками) – це дані на 2024 рік. Отже, маршрутна мережа залишається зорієнтованою на автобусний транспорт. Комунальна частка поки що невелика, але місто має плани її збільшувати. Так, у 2023 р. Дніпро отримав декілька великих автобусів з Києва, Вінниці та навіть з-за кордону (9 вживаних автобусів з Мілана спеціально для шкільних перевезень). Це дозволило організувати спеціальні шкільні маршрути – 14 маршрутів для підвозу дітей до опорних шкіл із бомбосховищами. Такий крок унікальний для України і продиктований військовими реаліями, але водночас показує гнучкість транспортної системи міста [10, 11].

Основні проблеми Дніпра – зношеність рухомого складу та кадровий дефіцит. Трамвайні вагони у більшості старі (КТМ-5 та Tatra ще 70-х років), хоча їх і намагаються підтримувати. Маршрутки – багато в чому застарілі “Дельфіни” та “Богдани”, які часто ламаються.

Перспективи розвитку транспорту Дніпра пов'язані з реалізацією декількох проектів. Перший – будівництво метрополітену: наразі діє 1 гілка метро завдовжки 7 км (6 станцій), але триває будівництво ще трьох станцій у центрі, що має значно підвищити привабливість метро. Другий – подальша електрифікація: місто планує закупити електробуси або розширювати тролейбусну мережу на нові квартали (наприклад, ж/м Придніпровськ). Третій – єдиний квиток: впровадження е-квитка в Дніпрі неодноразово відкладалося, але у 2021 р. був запуск онлайн-продаж місячних проїзних (QR-квиток через Приват24). У перспективі це має перерости в повноцінну електронну систему оплати з валідаторами у транспорті. Також Дніпро бере участь у державних програмах закупівлі транспорту: очікується отримання нових вагонів метро і трамваїв за кошти ЄІБ [10, 11].

Таким чином, Дніпро поступово відходить від сумнівного статусу «міста маршруток» і намагається збалансувати свою маршрутну мережу. Вже зараз 30% поїздок тут здійснюється електротранспортом, і ця частка може зрости з реалізацією планів. Місто демонструє приклад, як навіть в умовах війни можна розвивати транспорт: відновлювати пошкоджене, запускати нові маршрути на вимогу громади та покращувати сервіс для пасажирів.

Для наочності наведемо порівняльні дані про маршрутні мережі та рухомий склад п'яти найбільших міст України (станом на 2021–2023 роки) (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Порівняльні дані про маршрутні мережі та рухомий склад найбільших міст України (станом на 2024 рік)

Місто	Трамвайні маршрути (довжина мережі)	Тролейбусні маршрути (довжина мережі)	Автобусні маршрути (комунальні / приватні)	Орієнтовна кількість одиниць рухомого складу
Київ	22 маршрути (~240 км колій)	48 маршрутів (~496 км ліній)	90 комунальних + ~100 приватних	~345 трамваїв; ~600 тролейбусів; ~600 автоб.(комун.)
Львів	8 маршрутів (~99 км колій)	10 маршрутів (~170 км ліній)	20 комунальних + 32 приватних	~75 трамваїв; ~70 тролейбусів; ~480 автоб. (на лінії в будень)
Харків	~12 маршрутів (~217 км колій)	~29 маршрутів (~263 км ліній)	0 комунальних + ~100 приватних (до війни)	~250 трамваїв; ~300 тролейбусів; ~700 автоб./маршр. (до війни)
Дніпро	12 маршрутів	21 маршрут	5 комунальних + ~90 приватних	~150 трамваїв; 90 тролейбусів; ~700 автоб./маршр. (усі, 2024)

Аналіз сучасного стану міського транспорту України виявив низку критичних проблем – від застарілого рухомого складу і фінансових труднощів до недосконалої маршрутної мережі. Водночас у досвіді українських міст прослідковуються успішні рішення, які можуть бути масштабовані на всю країну.

Для підвищення якості та стійкості громадського транспорту необхідні такі кроки:

1. Оптимізація маршрутної мережі та впровадження нової моделі управління. Потрібно продовжити усувати дублюючі та хаотичні маршрути, створюючи натомість логічну ієрархічну мережу. Магістральні маршрути (метро, швидкі трамваї, BRT) мають стати основою, на яку працюють підвозять пасажирів маршрути з меншим рухом. Для цього слід впровадити європейський підхід до організації перевезень – контрактну систему згідно з регламентом ЄС №1370/2007. Міста повинні стати “замовниками” транспортної роботи: оголошувати конкурси і укладати договори з перевізниками (комунальними чи приватними) на чітко визначених умовах – маршрут, інтервал, тип автобусу, тариф і компенсація. Така модель вже дає позитивний ефект у містах ЄС, адже стимулює перевізників дотримуватися графіка і покращувати якість (інакше договір не продовжать). Київ, Львів та інші великі міста мають поступово перейти на ці контракти, щоб замінити нинішню практику “стихійних” маршруток. Це також забезпечить прозоре фінансування: міста зможуть спрямовувати бюджетні кошти на покриття збиткових, але соціально необхідних маршрутів (що зараз майже не робиться через відсутність механізму).

2. Пріоритезація екологічного та сучасного рухомого складу. Напрямок покращення – масштабне оновлення транспорту. Поступовий вихід з експлуатації старих автобусів та тролейбусів і заміна їх на нові – низькопідлогові, економічні, з кондиціонерами – підвищить привабливість громадського транспорту. В умовах обмежених ресурсів слід максимально залучати гранти, кредити та програми допомоги. Уже зараз десятки українських міст скористалися програмою ЄІВ “Міський громадський транспорт України” і отримують нові вагони та автобуси. Цю практику треба продовжувати. Особливий акцент – на електротранспорті: тролейбуси з автономним ходом можуть замінити маршрутки на багатьох напрямках без потреби будувати дрти; трамвай на виділеному полотні (швидкісний трамвай) може стати альтернативою метро там, де його нема. Перспективний і електробус, але наразі він дорогий, тому у ближчій перспективі ефективніше розвивати тролейбусні мережі, суміщаючи їх з

автономними технологіями. Необхідно врахувати екологічні цілі: заміна дизельних автобусів електротранспортом сприятиме виконанню Україною міжнародних екологічних зобов'язань.

3. Підвищення інклюзивності та комфорту. Новий транспорт має бути пристосованим для всіх груп населення. Вимога 100% низькопідлогового транспорту на маршрутах до певного року має стати нормою на державному рівні. Також слід облаштувати інфраструктуру: зупинки з пониженим бордюром, аудіо- та візуальні оголошення зупинок, навчання персоналу для роботи з маломобільними пасажирами. Інклюзивність – це не лише про людей з інвалідністю, а й про зручність для літніх осіб, батьків з дітьми. Позитивні приклади є: у Вінниці і Харкові (до війни) працювали сервіс “Соціальне таксі” для перевезення людей на візках; у Львові всі нові трамваї обладнані пандусами. Ці практики варто поширювати по країні.

4. Впровадження єдиного електронного квитка та інтелектуальних систем керування. Цифровізація транспорту – ключ до ефективності. Необхідно, щоб електронний квиток запрацював у всіх обласних центрах. Він має бути єдиним для всіх видів транспорту в місті і, в ідеалі, забезпечувати єдину плату за пересадку (як у Варшаві чи Празі, де квиток діє певний час незалежно від кількості пересадок). Львів уже продемонстрував, що е-квиток дозволяє оптимізувати мережу (маршрути можна будувати з пересадками без фінансового штрафу для пасажирів). Київ, попри впровадження SmartCard, ще не реалізував повністю потенціал пересадкового тарифу – це завдання на майбутнє. Паралельно слід розвивати інтелектуальні транспортні системи (ITS): GPS-моніторинг кожної одиниці транспорту, системи пріоритету сигналів світлофорів для громадського транспорту, електронні табло з прогнозом прибуття на зупинках. Вже зараз багато міст підключені до сервісів на кшталт EasyWay, де пасажирів можуть відстежувати рух автобусів онлайн. Але для керування потрібні системи на рівні диспетчерських центрів міст. У Києві та Харкові впроваджували центр керування дорожнім рухом – потрібно розширити їх функції на громадський транспорт (наприклад, автоматично фіксувати

відхилення від графіка, реагувати на затримки). Це підвищить надійність перевезень.

5. Розвиток інфраструктури та пріоритету транспорту. Щоб громадський транспорт був швидким і конкурентним, необхідно розвивати інфраструктурні рішення: виділені смуги для автобусів/тролейбусів, окремі коридори для трамваїв (як це зроблено для швидкісного трамвая в Києві), облаштування зручних пересадкових вузлів (з урахуванням інтеграції з передміськими електричками). Досвід показує, що навіть часткове впровадження таких заходів дає ефект – у Києві виділені смуги скоротили час у дорозі на 20–30% на окремих напрямках. Важливо продовжити цю роботу: у кожному великому місті визначити магістралі, де громадський транспорт отримує безумовний пріоритет. Це може бути досягнуто як організаційно (смуги, камери фіксації), так і фізично (окремі лінії LRT, BRT). Також необхідно поліпшити стан шляхів – ремонт колій і доріг. Інвестиції в оновлення трамвайних колій (як у тому ж Львові, де реконструювали всі ключові вулиці під трамвай №8 і №6) окупляться через надійність перевезень і зниження витрат на ремонт вагонів.

6. Фінансова стабілізація та контроль. Державна політика має враховувати хронічне недофінансування галузі. Потрібні механізми цільової підтримки громадського транспорту: субвенції місцевим бюджетам на компенсацію перевезень пільговиків, державні гарантії під кредити на закупівлю техніки, програми співфінансування будівництва метро і трамвайних ліній. Прийнята у 2021 р. Національна транспортна стратегія декларує такі наміри, але важлива реалізація. Крім того, слід наводити лад з тіньовим ринком: всі перевізники повинні працювати в правовому полі, сплачувати податки і нести відповідальність. Е-квиток в цьому допоможе (готівка зникне, “обіلعкування” стане неможливим). Контроль технічного стану (через перевірки на лінії), дотримання умов договорів – усе це функції, які мають посилитися з реформою моделі управління.

Підсумовуючи, напрями покращення міського транспорту в Україні можна звести до формули: планувати розумніше, оновлювати швидше, фінансувати стабільніше. Необхідні як інституційні зміни (єдиний організаційний центр

транспорту в містах, нові договори з перевізниками), так і технологічні (сучасний транспорт, цифрові системи). Досвід таких міст як Львів і Київ показує, що поступовий прогрес можливий: електронний квиток, нові автобуси, оптимізація маршрутів – усе це дає результат у вигляді зростання пасажиропотоку і задоволеності мешканців. Звичайно, виклики великі – від повоєнної відбудови Харкова до боротьби зі звичками населення на користь авто. Але рух до сталого міського транспорту – невід’ємна частина європейської інтеграції України та підвищення якості життя в містах. В перспективі найближчих років, за умови реалізації окреслених кроків, українські міста можуть вийти на новий рівень функціонування маршрутної мережі – більш ефективний, екологічний та орієнтований на потреби людей. Це забезпечить комфортну мобільність громадян і зробить міський простір більш придатним для життя.

1.4. Загальна характеристика та особливості використання системи Bus Rapid Transport

Bus Rapid Transit (BRT) – це формат громадського транспорту на основі автобусів, який поєднує гнучкість автобусного руху з високою швидкістю та пропускну здатністю, наближеною до рейкового транспорту. Згідно з визначенням Інституту розвитку транспорту (ITDP), BRT – це «автобусна система швидкісного транспорту, здатна досягти високої провізної спроможності та швидкості за відносно низької вартості, поєднуючи відокремлені смуги руху (зазвичай по центру дороги), оплату проїзду до посадки, рівневу посадку та пріоритет автобусів на перехрестях, а також інші елементи підвищення якості обслуговування (наприклад, інформаційні технології та впізнаваний брендинг)». Іншими словами, BRT – це «метро на колесах», де автобуси рухаються спеціальною інфраструктурою, що забезпечує швидкість і регулярність, як у метро, але з меншими фінансовими затратами [12] (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Система Bus Rapid Transit

Основні принципи функціонування BRT зводяться до надання пріоритету автобусам перед загальним потоком транспорту та мінімізації затримок при посадці пасажирів. П'ять ключових елементів BRT, які забезпечують високу швидкість і надійність перевезень:

- Виділені смуги руху – автобусні коридори, фізично відокремлені від іншого трафіку, дозволяють уникнути заторів.
- Ведення траси по центру дороги – автобусні смуги розташовані по центру (далеко від бордюрів), щоб уникнути затримок через повороти автомобілів і висадки пасажирів на узбіччях.
- Оплата проїзду до посадки (off-board fare) – пасажирі сплачують за проїзд на станції перед входом в автобус, що усуває затримки при оплаті у водія.
- Високі платформи та рівне посадкове приміщення – станції обладнані платформами на рівні підлоги автобуса, завдяки чому посадка і висадка пасажирів відбуваються швидко, без сходинок (особливо важливо для людей з інвалідністю та з дитячими візками).
- Пріоритет на перехрестях – запроваджено заборону деяких поворотів через автобусні смуги та спеціальні фазування світлофорів, що мінімізує затримки автобусів на світлофорах.

Крім того, BRT-системи оснащуються сучасними інформаційно-керуючими технологіями: електронними табло з розкладом і часом прибуття автобусів, автоматизованими системами керування рухом, GPS-моніторингом тощо, що підвищує загальну ефективність і комфорт для пасажирів. Станції часто облаштовуються навісами або закритими павільйонами, турнікетами для оплати, системами безпеки та зручностями для очікування, наближаючи користувацький досвід до метро.

Реальні проекти BRT можуть суттєво відрізнятися за рівнем впроваджених елементів. Фахівці вирізняють «повноцінний» BRT (Full BRT або High-end BRT) та більш спрощені варіанти на зразок BRT-lite (Low-end BRT), а також проміжні рівні. Повноцінна BRT-система відповідає найвищим стандартам якості і включає всі ключові компоненти: повністю відокремлені від загального руху смуги (часто ексклюзивні дороги для автобусів), спеціально обладнані станції закритого типу з високими платформами (інколи кондиціоновані зали очікування, що функціонують як транзитні хаби), оплату проїзду до посадки та сучасні автоматизовані технології керування і інформування. На таких маршрутах використовуються великі зчленовані автобуси підвищеної місткості (інколи подвійно-зчленовані на 160–200 місць) і весь маршрут максимально захищений від впливу заторів та інших затримок – таким чином досягається якість перевезень на рівні метрополітену.

Натомість «BRT-lite» або частковий BRT запроваджує лише окремі елементи системи. У спрощених BRT рішеннях автобуси можуть рухатися лише частково виділеними смугами (наприклад, тільки на найбільш завантажених ділянках або тільки смугою громадського транспорту без фізичного відділення від трафіку). Зупинки при цьому можуть залишатися звичайними наземними павільйонами (інколи обладнаними навісами, сидіннями, електронними інформаційними табло тощо, але без повного контролю доступу). Оплата проїзду у BRT-lite найчастіше здійснюється традиційним способом – при вході до автобуса у водія або кондуктора, без станційних турнікетів. Також спрощені системи менш насичені технологічно: можуть не мати автоматичного контролю

стикування автобусів із платформою, обмежений рівень пріоритетів на світлофорах, менше електронних систем безпеки та керування.

Через такий компромісний підхід BRT-lite поступається «важким» BRT за швидкісними та комфортними характеристиками, але все одно перевершує звичайний автобусний сервіс. Наприклад, міські експрес-автобуси з виділеною смугою та мінімальною кількістю зупинок інколи називають «BRT-light», хоча вони не мають усіх атрибутів справжнього BRT. З іншого боку, деякі сучасні системи BHLS (Bus with High Level of Service) в Європі можна вважати аналогом BRT-lite – вони пристосовані до європейських міських умов, забезпечують високий рівень сервісу (надійність, інформаційні послуги, комфортабельність), але часто не мають повністю ізольованих трас і тому їх інколи виділяють в окрему категорію. У практиці трапляються і змішані рішення: в межах однієї міської мережі може діяти коридор Full BRT на магістральних відтинках, який переходить у BRT-lite на периферійних ділянках, що ускладнює однозначну класифікацію системи.

В цілому, «повноцінний» BRT є найбільш близьким за стандартом до рейкового швидкісного транспорту (тому його ще називають «метробус»), тоді як часткові системи BRT – це скоріше покращені автобусні маршрути, що мають деякі прискорюючі елементи. Обидва типи відіграють свою роль: повноцінний BRT необхідний на маршрутах з дуже великими пасажиропотоками, де бажано максимально підвищити швидкість і місткість, а BRT-lite може бути першим кроком для міст із обмеженими ресурсами або на проміжних маршрутах, де повний BRT наразі недоцільний [12, 13].

Система BRT займає проміжне положення між звичайним автобусним транспортом та рейковими видами (такими як трамвай/легкорейковий LRT і метрополітен). За основними параметрами – пропускна здатність, швидкість, вартість та екологічність – BRT наближається до легкорейкового транспорту і частково конкурує з метро, суттєво перевершуючи при цьому звичайні автобуси. Нижче розглянуто ключові аспекти порівняння:

- Пропускна здатність. Звичайний автобус в загальному потоці може перевезти обмежену кількість пасажирів: приблизно 4–7 тисяч пасажирів на

годину в одному напрямку (через невелику місткість і затримки в заторах). BRT-система значно підвищує цю цифру – її лінійна провізна спроможність становить від ~5 тис. пас/год (для BRT-lite на коротких автобусах) до 45 тис. пас/год у піковому напрямку для найпотужніших систем. Таким чином, BRT наближається за потенціалом до легкого метро: для порівняння, сучасні трамвайні або LRT-лінії забезпечують ~12–27 тис. пас/год, а класичний важкий метро – до 40–72 тис. пас/год на напрямок. Наприклад, система TransMilenio в Боготі досягла пропускної здатності ~250 тис. пасажирів за годину сукупно на своїх коридорах, що порівнювано з метрополітеном (рис. 1.4) [12, 13].

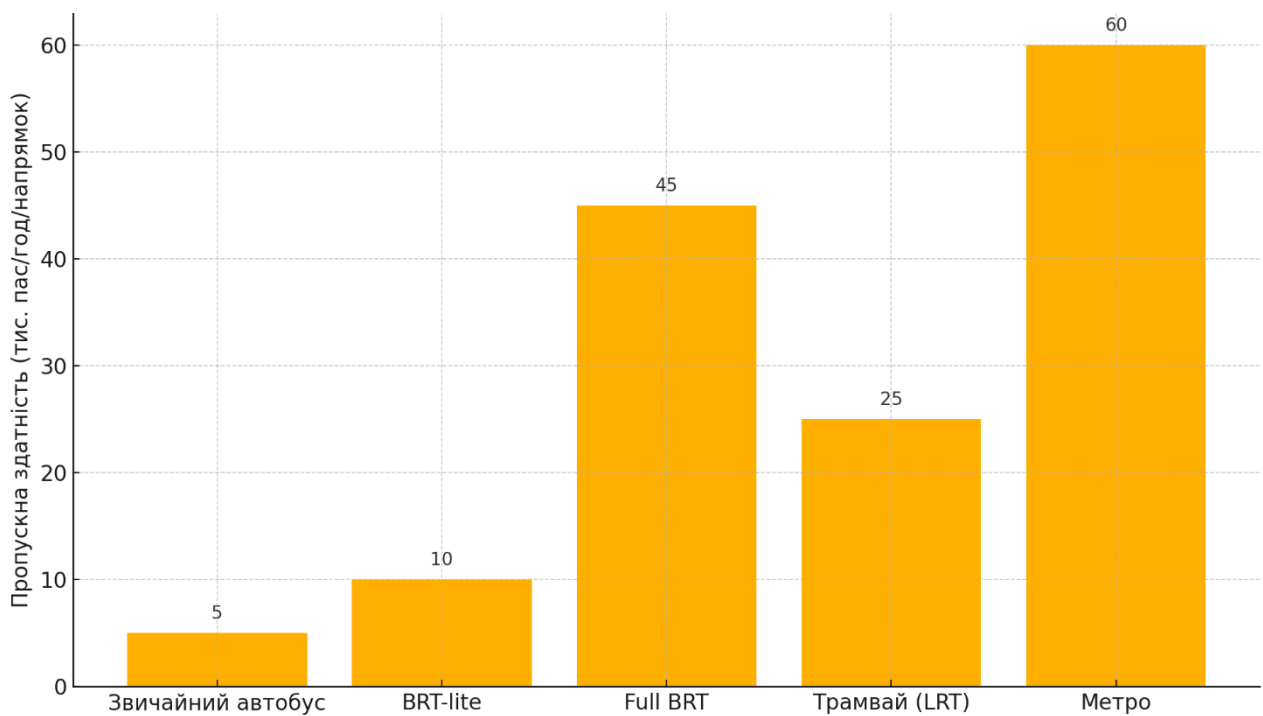


Рисунок 1.4 – Пропускна здатність різних видів громадського транспорту

- Швидкість та час у дорозі. Звичайні міські автобуси рухаються у змішаному потоці, їх середня комерційна швидкість зазвичай невисока (близько 15 км/год чи менше в умовах тягучок). BRT завдяки виділеним смугам, меншій кількості зупинок і пріоритетам може подвоїти цю швидкість – до 20–30 км/год середньої швидкості по маршруту. Практичний приклад: після впровадження BRT в Боготі середня швидкість автобусів зросла з ~15 до 26,7 км/год, а час поїздки скоротився на третину. На BRT-лініях діють принципи експресного руху,

подібні до залізничного: менше зупинок на одиницю відстані (зазвичай 1–2 станції на кілометр, тоді як звичайний автобус може зупинятися кожні 200–300 м). LRT (легкорейковий трамвай) при наявності власного полотна може мати схожу середню швидкість 20–30 км/год, хоча в разі інтеграції в міську вуличну мережу його рух сповільнюється через світлофори. Метро є безперечним лідером за швидкістю: за рахунок повної незалежності від перехресть воно забезпечує і високий максимум (потяги метро розганяються до 70–80 км/год) і високу середню швидкість поїздки (30–40 км/год). Таким чином, за швидкістю BRT помітно випереджає звичайні автобуси (приблизно в 1,5–2 рази швидше), наближаючись до рівня трамвая, хоча поступається повністю безперешкодному метро [12, 13].

- Вартість впровадження. Однією з головних переваг BRT є значно нижча капітальна вартість порівняно з рейковим транспортом. Будівництво 1 км повноцінної BRT-лінії коштує в середньому на 4–20 разів дешевше за трамвайну лінію і в 10–100 разів дешевше за лінію метро. Статистичні дані мета-досліджень підтверджують цю різницю: так, середня вартість BRT становить близько \$10 млн за милю (1990 рік), тоді як LRT – \$26 млн/милю, а метро – \$128 млн/милю. Звичайно, конкретні цифри залежать від рівня інфраструктури: BRT може вимагати певних вкладень (будівництво станцій, шляхопроводів, оновлення доріг), але все ж у масштабах міста за ті ж кошти можна створити значно розгалуженішу мережу BRT, ніж LRT чи метро. Для порівняння, в Боготі (Колумбія) 1 км BRT інфраструктури обійшовся у \$5,4 млн (Phase I) – \$13,3 млн (Phase II), тоді як будівництво метро часто перевищує \$100 млн/км і вимагає тунелювання. Звичайні автобусні маршрути не потребують спеціального будівництва (окрім можливої смуги на дорозі), тому їх капітальні витрати найменші. Але слід зазначити, що BRT інколи потребує викупу землі під розширення доріг чи зведення розв'язок, що може здорожчувати проєкт. В цілому ж, BRT – найефективніший за критерієм «ціна/якість перевезень»: дослідження свідчать, що BRT здатний забезпечити середню або високу провізну здатність за помірного рівня капітальних і операційних витрат, у той час як метро хоча й наймісткіше, але в разі дорожче у будівництві та експлуатації [12, 13].

- Екологічність та енергоефективність. Класичні автобуси працюють на дизельному пальному, тому поступаються електричному рейковому транспорту за екологічними показниками (у вигляді викидів вихлопних газів і шуму). Однак BRT-системи, навіть на дизельних чи газових автобусах, дозволяють знизити шкідливі викиди завдяки ефекту модального зсуву: значна частка пасажирів пересаджується з приватних авто та маршруток на високошвидкісні автобуси, що скорочує загальний пробіг транспорту по місту. По-друге, на коридорах BRT зазвичай оновлюється рухомий склад – використовуються сучасні автобуси з екологічними двигунами (відповідними суворим стандартам викидів Euro VI) або навіть електричні автобуси, що суттєво зменшує забруднення повітря. За рахунок виділення смуг і менших затримок автобуси BRT витрачають менше пального на холостому ході і гальмування, що теж підвищує паливну ефективність. Дослідження EMBARQ продемонструвало, що впровадження лінії Metrobus Line 3 у Мехіко дало змогу щорічно запобігти 2 тис. дням втрати працездатності через хвороби дихальної системи, 4 новим випадкам хронічного бронхіту та 2 випадкам передчасної смерті – завдяки покращенню якості повітря після запуску BRT. LRT і метро, будучи електротранспортом, на місцевому рівні не створюють викидів, проте їх загальна «вуглецева» ефективність залежить від способу генерації електроенергії. В умовах декарбонізації енергосектору електричні трамваї/метро мають перевагу в довгостроковій перспективі. Водночас перехід BRT на електробуси (технологія eBRT) нівелює цю різницю – у світі дедалі більше BRT-систем закуповують електробусний парк (наприклад, у м. Богота триває електрифікація автобусів TransMilenio з метою скорочення викидів CO₂).

- Перевізні спроможності та експлуатаційні витрати. Рейкові системи (метро, LRT) зазвичай можуть експлуатувати більші за місткістю одиниці рухомого складу (склади вагонів), що дозволяє довозити більше пасажирів одним рейсом. Однак автобуси BRT можуть компенсувати це вищою частотою руху. Інтервал руху на BRT може становити 1–2 хв у годину пік, тобто по 30–60 автобусів на годину по смузі – що із достатньою місткістю автобусів дає змогу досягти сумарної провізної спроможності на рівні трамвая чи навіть метро. Проте

є межа: якщо потрібно перевозити понад ~45–50 тис. пас/год, навіть BRT максимального рівня стає перевантаженим (через черги автобусів на станціях, зростання інтервалів для уникнення заторів із автобусів). У таких випадках необхідно переходити до рейкової системи (метро), що здатна складувати довгі поїзди і автоматизувати рух. За експлуатаційною економікою, BRT зазвичай виграє у LRT за рахунок меншого штату персоналу та дешевшого обслуговування дороги (асфальт та колії). Витрати палива на автобус (у розрахунку на пасажиро-кілометр) у BRT нижчі, ніж у звичайного автобуса, завдяки ефективнішому завантаженню салону. Але метро в довгостроковій перспективі може мати нижчу собівартість перевезення на одного пасажера при великих пасажиропотоках (адже один машиніст керує цілим складом у 1000+ пасажирів, тоді як для 1000 пас. у BRT потрібно ~5–6 водіїв автобусів).

- Вплив на міське середовище і розвиток. Історично вважалося, що метро і трамвай мають більший вплив на містобудування – мовляв, стаціонарні рейки стимулюють transit-oriented development (TOD) і підвищують вартість нерухомості вздовж ліній. Проте сучасні дослідження показують, що високоякісні BRT теж здатні приваблювати інвестиції і піднімати вартість землі подібно до рейкового транспорту. Міжнародний огляд 41 систем не виявив статистично значущої різниці у впливі на ціни нерухомості між BRT, LRT і метро – головне, щоб система була ефективною та інтегрованою в міську тканину. Так, у Куритибі (Бразилія) вздовж коридорів BRT ще з 1980-х активно забудовувалися багатоповерхівки, формуючи коридори щільної житлової та комерційної забудови, аналогічно тому, як це буває біля станцій метро. BRT також сприяє оновленню вулиць – з’являються нові пішохідні простори, велодоріжки вздовж коридору, підвищується привабливість міського середовища. Отже, в контексті сталого розвитку міста BRT може бути не менш корисним інструментом, ніж легкий рейковий транспорт, за умов правильного планування.

В цілому, вибір між BRT, LRT чи метро залежить від багатьох факторів: необхідної провізної спроможності, наявних коштів, просторових умов (ширини вулиць, рельєфу), строків реалізації, а також політичної волі. Нерідко міста обирають BRT як більш оперативне і бюджетне рішення для покращення

громадського транспорту, тоді як будівництво метро може розтягнутися на десятиліття. Важливо розуміти, що правильно спроектований BRT може забезпечити рівень сервісу, близький до метро (як це сталося в Боготі), тоді як погано реалізований «BRT-лайт» ризикує перетворитися лише на маркетингову назву для автобусної смуги. Саме тому міжнародні організації (ITDP, Світовий банк та ін.) розробили стандарти BRT – рейтинги (Gold, Silver, Bronze), які допомагають оцінити якість BRT-проєктів і відрізнити їх від просто «покращених» автобусних систем.

РОЗДІЛ 2. СТРАТЕГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ BRT: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ВІТЧИЗНЯНІ МОЖЛИВОСТІ

2.1. Світовий досвід впровадження BRT

Світовий рух BRT розпочався в Латинській Америці і нині охопив сотні міст на всіх континентах. Станом на середину 2020-х років, BRT-системи діють у близько 190–200 містах світу, щодня ними користуються понад 32–35 мільйонів пасажирів. Розглянемо особливості впровадження BRT в різних регіонах:

- Латинська Америка – колыска BRT. Першою у світі системою, що відповідає концепції BRT, вважається Rede Integrada de Transporte в Куритибі (Бразилія), запущена в 1974 році мером Жайме Лернером. Вона заклала базові принципи: виділені коридори, швидкісні посадки в “трубах”-станціях, інтеграція з міським плануванням. Цей успіх надихнув інші міста. У 2000 році стартувала легендарна система TransMilenio в Боготі (Колумбія) – на той час найбільш амбітний BRT-проект. Богота зіштовхнулася з важкими заторами і браком коштів на метро, тому зробила ставку на BRT. Результат: за кілька років побудовано 84 км виділених трас, наразі мережа розширилася до 112 км магістральних ліній і понад 400 км підвізних маршрутів. TransMilenio перевозить в середньому 2,3 млн пасажирів на день і за пікової години по всіх лініях сумарно понад 250 тис. пас/год – це рекорд серед BRT у світі. Система отримала найвищий рейтинг ITDP Gold за якістю [14, 15]. Успіх Боготи привернув глобальну увагу до BRT як реальної альтернативи метро для швидкого покращення транспорту. Нині Латинська Америка є лідером за масштабами BRT: тут розташовано $\approx 33\%$ всіх міст із BRT і генерується близько 59–63% сумарного пасажиропотоку BRT у світі. В регіоні 67 міст мають BRT, серед них Мехіко (Мексика), Сан-Паулу і Ріо-де-Жанейро (Бразилія), Сантьяго (Чилі), Ліма (Перу), Кіто (Еквадор) та інші. Багато з них, як і Богота, впровадили BRT через необхідність швидкого розширення транспорту за обмеженого бюджету. Особливість латинського підходу –

інтеграція BRT з міським розвитком: у Куритибі вздовж ліній підвищили щільність забудови, в Боготі BRT став “кістяком” транспортної мережі. Латиноамериканські BRT часто дуже завантажені: наприклад, Metrobus у Мехіко (7 ліній) перевозить ~1 млн пас/день, Metropolitano в Лімі – ~700 тис. пас/день, Metrobus в Каракасі – ~620 тис. пас/день. Ці системи довели ефективність BRT у великих агломераціях [14, 15].

- Азія – стрімке зростання масштабів. В Азії BRT почали розвиватися дещо пізніше, але дуже швидкими темпами. Сьогодні в Азії діє ~46 BRT-систем (станом на 2025), які обслуговують близько 8 млн пасажирів на день. Помітний прогрес в Китаї: там побудовано десятки BRT-коридорів у різних містах. Знаковим став BRT у Гуанчжоу (КНР), відкритий у 2010 році – він отримав рейтинг ITDP Gold і продемонстрував рекордну пропускну здатність: до 28 тис. пас/год в одному напрямку та понад 850 тис. пасажирів щодоби, що є одним з найвищих показників у світі (за добовим трафіком Гуанчжоу поступається лише Боготі). Гуанчжоуський BRT вирізняється наявністю дуже довгих станцій (по 260 м) з багатьма зупиночними платформами для одночасного прийому кількох автобусів. Інший азійський гігант – TransJakarta (Джакарта, Індонезія), запущена в 2004 році. Наразі TransJakarta є найдовшою BRT-мережею у світі: 13 коридорів сумарною довжиною понад 250 км. Ця система щодня перевозить понад 1 млн пасажирів. Особливістю Джакарти є поєднання основних коридорів з великою кількістю маршрутів-підворотнів, що з’їжджають з магістралей до спальних районів – створено розгалужену маршрутну мережу. В Індії приклад успішного BRT – Janmarg у Ахмедабаді, відкритий у 2009 році, який має ~90 км трас і ~150 тис. пас/день, отримав срібний рейтинг ITDP. У Пакистані в м. Пешавар у 2020 р. відкрито сучасний BRT "TransPeshawar", який отримав золоту сертифікацію. В цілому, азійські міста впроваджують BRT для боротьби з перевантаженістю доріг і смогом. Особливість Азії – багато мегаполісів вже мають метро, і BRT доповнює мережу як більш дешевий спосіб охопити віддалені райони (наприклад, у Стамбулі, Делійський BRT (нині призупинений), Маніла). За кількістю систем Азія наздоганяє Латинську Америку, і очікується подальше зростання. До речі, Стамбул (Туреччина) часто згадується як приклад міжконтинентальної BRT:

система Metrobus з'єднує азійську та європейську частину міста, тягнучись на 52 км. Вона щодня перевозить близько 0,8–1 млн пасажирів, а максимальний потік сягає 30 тис. пас/год/напрямок. Стамбульський метробус вирішив проблему перевезення через Босфор: замість будівництва дорогої підводної залізниці на першому етапі використали виділену автобусну лінію на мосту, що значно швидше впроваджується.

- Європа – адаптація концепції під місцеві умови. У Європі ідея BRT отримала розвиток під брендом BHLS (Bus à Haut Niveau de Service – автобус з високим рівнем сервісу). Багато європейських міст мають історичну забудову та обмежений простір вулиць, тому класичний широкомасштабний BRT зі своїми магістралями впровадити важче. Натомість європейці роблять акцент на комфорті та інтеграції: оптимізовані автобусні маршрути з частковими виділеними смугами, пріоритетом на світлофорах, сучасними зупинками і “розумними” системами. Наприклад, у Франції діє кілька систем BHLS: Трам’бюс у м. Мец, Lianes в Бордо, Chronobus в Нанті та інші. Вони не завжди мають 100% виділену трасу, але забезпечують високу регулярність і комфорт – автобуси курсують часто за розкладом, з мінімальними затримками. Європейські BRT, як правило, поступаються за масштабами південноамериканським чи азійським: середній щоденний пасажиропотік на більшості ліній становить 20–35 тис. пасажирів. Часто це просто технологічно вдосконалені автобусні коридори, інтегровані у загальну транспортну систему (з пересадковими вузлами на трамвай чи метро). Однак є і потужні приклади: Стокгольм має системи “Blue buses” з високою пріоритетністю, Лондон запустив кілька коридорів BRT (наприклад, East London Transit). Більбао (Іспанія) впровадило BRT “Bilbobus”. Особливо цікава ситуація у Франції: там у 2000-х з’явився термін BHNS, і вже понад 20 міст реалізували такі проекти – Руан, Гавр, Безансон, Гренобль тощо, часто із використанням стильних вантажних трамвай-автобусів (на зразок Van Hool ExquiCity). Характерна риса європейських BRT – високий рівень дизайну та прийняття громадськістю: автобусні лінії вписуються у міський ландшафт, зупинки мають сучасний вигляд, транспорт екологічний (значна частина – гібриди або електробуси). Ще один масштабний проект – “Bussway” у м. Берген

(Норвегія), де побудовано кілька тунелів спеціально для автобусів BRT, щоб ті не стояли в заторах (тобто майже “автобусне метро”). В Угорщині (Дебрецен) та Італії (Мілан) теж є виділені автобусні коридори. Цікаво, що деякі європейські BRT обслуговуються тролейбусами – наприклад, у місті Ріміні (Італія) лінія Metromare використовує електричні тролейбуси на виділеній дорозі і розглядається як еталон для інших міст (цей досвід переймає Львів). У Великій Британії відомий проект Cambridgeshire Guided Busway – частково автобуси їдуть по бетонних направляючих. Отже, Європа адаптувала BRT до місцевих реалій: менше місця – більше технологій. За даними UITP, у Європі ~25% BRT-систем світу (59 міст) і близько 10% пасажирів BRT. Середня потужність менша, але роль BRT тут часто допоміжна – слугує підсиленням там, де нема метрополітену чи доповнює його [16].

2.2. Перспективи впровадження системи BRT в Україні

Україна поки що не має повноцінних систем BRT, однак інтерес до цього виду транспорту зростає. Великі міста України стикаються з проблемами заторів, зношеної транспортної інфраструктури та браком коштів на масштабні проекти типу метро – в таких умовах BRT може стати реальним рішенням для швидкого покращення міського транспорту.

Найбільш перспективним кандидатом для BRT є столиця – Київ. У Києві проживає майже 3 млн людей, метро охоплює не всі райони, а наземний транспорт часто стоїть у заторах. Особливо гостро проблема стоїть для віддалених масивів, таких як Троєщина – великий спальник на Лівому березі, відрізаний від метро. Уже багато років обговорюється проєкт швидкісного транспорту на Троєщину. У 2016 році Світовий банк підготував стратегію сталого транспорту Києва, де визначив 8 потенційних коридорів масового транспорту, які можуть бути реалізовані як BRT або LRT. Зокрема, розглядалася ідея BRT на базі тролейбусів: експерти запропонували, що швидкісні автобусні лінії можна

обслуговувати сучасними дуобусами/тролейбусами, беручи приклад Кіто (Еквадор) – де в BRT використовують електротролейбуси на виділених смугах. Це б дозволило скористатися місцевою генерацією електроенергії і знизити викиди [17, 18]. У 2019 році Київська міська адміністрація за підтримки IFC (Група Світового банку) розпочала підготовку проекту «швидкісний транзит на Троєщину», щоб покращити сполучення цього району з центром. Планується техніко-економічне обґрунтування різних технологій (BRT, LRT тощо) із залученням приватних інвестицій. Мер Києва Віталій Кличко заявив про намір використати світовий досвід для створення оптимальної моделі транспорту. Це свідчить, що концепція BRT уже на порядку денному київської влади. На практиці в Києві вже є окремі елементи: виділені смуги для автобусів (їх протяжність перевищила 100 км), експрес-маршрути з мінімум зупинок, електронний квиток. Наступним кроком могло б стати об'єднання цих заходів у повноцінний BRT-коридор з сучасними станціями і пріоритетами руху [17, 18].

Львів – ще одне місто, де активно вивчають можливість BRT. У 2023 році Львів став учасником європейської ініціативи “European Bus Rapid Transit 2030” (eBRT2030), що підтримує міста в розвитку швидкісного електротранспорту. В рамках цієї програми у 2025–2026 роках для Львова проведуть дослідження та розроблять ТЕО для прискорених коридорів громадського транспорту – зокрема, планується визначити пріоритетні маршрути, де можна реалізувати BRT на базі автономних тролейбусів і автобусів. Європейські партнери порівнюють Львів з італійським містом Ріміні, де успішно працює система Metromare (електротролейбусний BRT) – цей приклад слугує моделлю для Львова. Таким чином, Львів може стати першим українським містом, що впровадить елементи BRT (принаймні “BRT-lite” на електротранспорті).

Інші міста-мільйонники України також мають потенціал для BRT. Харків – місто з розвиненим метро, але воно не охоплює околиць; швидкісні автобусні лінії могли б доповнити мережу, особливо на напрямках, де будівництво нових станцій метро відкладене. Дніпро та Одеса – великі міста без метро (в Дніпрі є маленька лінія), де трамвайна мережа обмежена; BRT для них міг би стати “наземним метро”. Наприклад, в Одесі можна розглянути BRT по магістралях від

Таїрова та Суворовського району до центру – щоб пришвидшити перевезення вздовж Фонтанської дороги чи проспекту Небесної Сотні. Запоріжжя, Вінниця, Кривий Ріг – міста, де є широкі проспекти і значні пасажиропотоки, які можна обслуговувати швидкісними автобусами.

Реалізація BRT в Україні потребуватиме подолання певних бар'єрів. По-перше, необхідні інвестиції в рухомий склад та інфраструктуру: сучасні низькопідлогові автобуси великої місткості (бажано з екологічними двигунами або електробуси), облаштування станцій з турнікетами та піднятими платформами, перебудова вулиць (виділення окремих смуг, оновлення розмітки, світлофорних об'єктів). По-друге, важлива підтримка населення – потрібно пояснювати мешканцям переваги, щоб уникнути спротиву від автоводіїв щодо виділення смуг. Досвід інших країн показує, що після запуску якісного BRT навіть скептики починають ним користуватися, бо швидкість і зручність переконують самі за себе. По-третє, треба створити інституційну спроможність – єдина транспортна компанія чи підрозділ, що опікуватиметься BRT (маршрутна політика, контроль за дотриманням смуг, маркетинг системи).

В позитиві – Україна може використовувати напрацювання міжнародних організацій. ITDP та Світовий банк мають методичні рекомендації з впровадження BRT; існують фонди, готові фінансувати сталий транспорт (ЄБРР, ЄІБ, GEF тощо). Показово, що IFC вже залучений до київського проекту, а Єврокомісія підтримує львівський. Це збільшує шанси на успіх.

З огляду на відносно невисоку щільність забудови українських міст та наявність широких проспектів (спадок радянського планування), BRT має хороші технічні передумови: є де виділити смугу, не всюди треба будувати естакади чи тунелі. Наприклад, проспект Перемоги в Києві чи проспект Гагаріна в Дніпрі – достатньо широкі для організації по центру двох смуг для експрес-автобусів без кардинального погіршення руху авто.

Отже, потенціал BRT в Україні високий, особливо в містах з населенням 0,5–3 млн, де метро частково або повністю відсутнє, але є нагальна потреба у швидкому масовому транспорті. BRT може стати перехідним рішенням, яке при правильній реалізації з часом інтегрується з майбутніми рейковими системами.

В умовах післявоєнного відновлення інфраструктури, коли кошти обмежені, але потрібно швидко покращувати мобільність, BRT виглядає як раціональний вибір. Перші кроки (Київ, Львів) вже зроблено – найближчими роками побачимо, чи зможе Україна приєднатися до світової спільноти міст, що успішно експлуатують Bus Rapid Transit.

2.3. Моделювання впровадження системи BRT у місті Києві

Для оцінки потенціалу Bus Rapid Transit (BRT) Київ розділено на десять основних міських районів (зон), які приблизно відповідають адміністративним районам міста. Такий поділ охоплює 7 районів на правому березі (Голосіївський, Оболонський, Печерський, Подільський, Святошинський, Солом'янський, Шевченківський) та 3 на лівому березі Дніпра (Дарницький, Деснянський, Дніпровський). Кожна зона характеризується чисельністю населення (від ~152 тис. у найменшому Печерському до ~365 тис. у найбільшому Солом'янському районі), а також кількістю робочих місць та наявністю ключових об'єктів (великих вузлів пересадки, університетів тощо). Такий підхід до зонування узгоджується з методикою Daan de Wit [19], де аналіз BRT здійснюється на рівні муніципальних зон із відомою кількістю мешканців та робочих місць. Для кожної з 10 зон визначено центроїд (умовний центр району) з відповідними географічними координатами, що надалі використовуються при розрахунках відстаней та часу поїздки між зонами.

На основі виділених зон сформовано матрицю походження-призначення (Origin-Destination, OD), яка відображає потенційний попит на поїздки між кожною парою районів. Розрахунок інтенсивності попиту здійснено двома підходами, запропонованими Daan de Wit [19, 20]:

Гравітаційна модель попиту. У цій моделі “тяжіння” між двома зонами i та j пропорційне добутку чисельності їх населення, зменшеному згідно з функцією відстані або часу поїздки. Формально це можна подати як:

$$S_{ij}^{grav} = \frac{N_i \cdot N_j}{f(C_{ij})} \quad (2.1)$$

де N_i, N_j - чисельність населення в зонах i та j , C_{ij} - узагальнена вартість переміщення (відстань або час між центроїдами зон). У нашому випадку в якості функції відстані $f(C)$ застосовано зворотну залежність від відстані між районами (чим більша відстань, тим менше значення S_{ij}).

Таким чином, великі за населенням райони, розташовані близько один до одного, дають найбільші значення гравітаційного попиту.

Експоненційна модель згасання. Цей підхід більше акцентує увагу на напрямках маятникової міграції, враховуючи чисельність робочих місць у зоні призначення. Модель задається співвідношенням типу

$$S_{ij}^{exp} = N_i \cdot E_j \cdot e^{-\beta C_{ij}} \quad (2.2)$$

де N_i - чисельність населення в зоні проходження, E_j - кількість робочих місць у зоні призначення, C_{ij} - час або відстань поїздки, а β - коефіцієнт загасання (показує, як швидко спадає ймовірність поїздки зі збільшенням часу).

Для моделі експоненційного загасання було використано оцінені дані щодо зайнятості: центральні ділові райони (наприклад, Шевченківський та Печерський) мають найбільше значення E_j завдяки концентрації офісів, установ і т.п., тоді як спальні райони (наприклад, Деснянський) характеризуються відносно меншим числом місць докладання праці. Це відповідає зауваженням, що в Києві робочі місця більш концентровані в центрі порівняно з населенням (основні кластери зайнятості – центральна частина міста та примикаючий до неї Солом’янський район esmar.org; водночас густонаселені спальні масиви на

кшталт Оболоні, Троєщини, Дарниці також мають помітні локальні центри зайнятості).

На практиці обидва підходи (гравітаційний і експоненційний) були застосовані для ранжування всіх можливих OD-пар районів. Отримані найбільші значення за гравітаційною моделлю спостерігаються для пар суміжних районів з великою чисельністю населення. Наприклад, модель показала високий попит між Солом'янським та Шевченківським районами (центрально-західні райони із сукупним населенням ~595 тис.), між Оболонським і Подільським (північний захід міста, суміжні густонаселені зони) тощо – ці пари дали максимальні гравітаційні індекси. Натомість експоненційна модель (з урахуванням робочих місць) виділила OD-пари за участі центрального ділового району: зокрема, напрямки на Шевченківський район (історичний центр, де зосереджені установи і бізнес) зі спальних районів – Оболонського, Подільського, Солом'янського – очолили рейтинг експоненційного попиту. Таким чином, два підходи акцентують дещо різні типи поїздок: гравітаційний – будь-які масові переміщення між великими районами, експоненційний – передусім маятникові поїздки до місць роботи.

Додаткові критерії відбору. Відповідно до методики, після кількісного ранжування OD-пар за потенціалом BRT доцільно врахувати якісні критерії. Зокрема, було проаналізовано: (1) наявність швидкісного громадського транспорту на даному сполученні – якщо між двома районами вже існує пряме сполучення метро, міською електричкою чи трамваєм, то потреба в BRT знижується; (2) наявність задовільного автобусного сполучення – чи курсують зараз прямі маршрути автобусів/тролейбусів між цими зонами; (3) тривалість поточної поїздки – де автомобільний і громадський транспорт зараз їдуть особливо довго, там виграш від BRT буде відчутнішим; (4) відсутність пересадкових альтернатив – напрями, де пасажери змушені робити кілька пересадок, є перспективними для впровадження прямого BRT-маршруту.

В результаті такого багатоетапного аналізу були визначені найбільш значущі OD-напрямки, які потенційно можуть стати BRT-коридорами. Нижче

наведено розрахунок відстаней і часу проїзду для цих напрямків та оцінку ефекту від впровадження BRT.

Для кожної пари районів розраховано відстань між їхніми умовними центрами (по прямій) та орієнтовний час поїздки на автомобілі і громадському транспорті. Відстані між центроїдами 10 зон Києва лежать в межах ~5–18 км, що відповідає характерним масштабам міських переміщень. Наприклад, відстань від житлового масиву Троєщина (Деснянський р-н) до центру міста (через Поділ) становить приблизно 17,5 км, з західної околиці (Борщагівка, Святошинський р-н) до центру ~9–10 км, а між Лівим берегом (Дніпровський р-н) і Печерськом – близько 7 км (через міст Патона).

Час поїздки на автомобілі. На основі відкритих даних про середню швидкість руху містом прийнято, що середня швидкість авто складає ~30 км/год (з урахуванням зупинок на світлофорах та помірних затримок у трафіку). Відповідно, 10 км відстані долаються автомобілем приблизно за 20 хв. Так, міжрайонні поїздки на авто займали б: ~35 хв з Троєщини до Подолу (17,5 км), ~19 хв із Борщагівки до центру (9,4 км) та ~13 хв з Березняків до Печерська (6,7 км) – у відносно вільному трафіку.

Час поїздки громадським транспортом (нині). Фактичний час на громадському транспорті значно більший через зупинки, пересадки та об'їзди. За оцінками, звичайна автобусно-тролейбусна поїздка по Києву має середню швидкість ~20 км/год або нижче. Таким чином, час проїзду громадським транспортом зараз становить орієнтовно $1,5\times$ від часу авто на тому ж відрізку (без врахування довгого очікування). Для наведених прикладів: поїздка з Троєщини до центру займає зараз близько 50–55 хв (проти ~35 хв авто); з віддаленої Борщагівки до центру – ~28–30 хв (проти ~19 хв авто); з житлового масиву на Лівобережжі до Печерська – ~20 хв (проти ~13 хв авто). Якщо ж врахувати пересадки та інтервали руху, реальний час для пасажирів може сягати години і більше на найдовших маршрутах. Отже, існує значний люфт для скорочення часу поїздки за рахунок впровадження прискореного сполучення.

В моделі було враховано припущення, що BRT-автобус рухається майже з автомобільною швидкістю завдяки виділеним смугам та пріоритету на

світлофорах. За нормативами, прийнято швидкість BRT на рівні 80–85% від швидкості авто. Це означає, що час поїздки BRT буде лише на ~15–25% більшим, ніж на легковому автомобілі (для порівняння: звичайний автобус може їхати вдвічі довше за авто). У розрахунках використано коефіцієнт 0,8 від швидкості авто (тобто час BRT = $1,25 \times$ час автомобіля).

За таких умов очікуваний виграш у часі для пасажирів на BRT порівняно з нинішньою поїздкою громадським транспортом становитиме близько 30–40%. Наведені раніше приклади демонструють це:

- Троєщина – Центр: нині ~52–55 хв, з BRT ~44 хв, економія ~9–11 хв (~17% прискорення).
- Борщагівка – Центр: нині ~28 хв, з BRT ~24 хв, економія ~4 хв (~15%).
- Березняки – Печерськ: нині ~20 хв, з BRT ~17 хв, економія ~3 хв (~15%).

Хоча абсолютний виграш часу (хвилин) для ближчих районів менший, у віддалених напрямках (наприклад, Троєщина) BRT дозволить скоротити поїздку майже на 10–15 хвилин в один бік. Крім того, завдяки швидкісному сполученню може зменшитися кількість пересадок: люди зможуть їхати напрямку, тоді як зараз частина часу витрачається на під'їзд до метро та пересадку. Це додатково підвищує привабливість BRT.

З точки зору моделі попиту, в розрахунок експоненційної функції входить фактор часу поїздки – отже, скорочення часу на 20–30% здатне помітно збільшити попит на напрямку (експонента в формулі $e^{-\beta C_{ij}}$ дає більшу вагу при меншому C_{ij}). Таким чином, впровадження BRT на довгих коридорах (де економія часу найбільша) одержує двоякий ефект: і безпосереднє прискорення, і додаткове збільшення попиту завдяки кращій доступності.

На основі розрахованої матриці OD та застосування згаданих критеріїв (наявність метро, час у дорозі тощо) визначено найдоцільніші напрямки для впровадження BRT у Києві. В результаті аналізу виділено кілька потенційних коридорів, кожен з яких характеризується:

(а) значним прогностичним пасажиропотоком (за рахунок великих N_i та N_j або E_j); (б) відсутністю повноцінної альтернативи метро/електрички; (с) значним виграшем у часі поїздки з впровадженням BRT. До таких напрямків належать:

Троєщина – Центр (через Подільський район). Деснянський район (масив Троєщина) – найбільший спальний район Києва (~358 тис. мешканців) без прямого доступу до метро. Щодня десятки тисяч мешканців прямують звідти до центральних районів (Поділ, Шевченківський) на роботу чи навчання, користуючись повільними автобусами і тролейбусами, що стоять у заторах на Московському мосту. Гравітаційна модель попиту показує високий потенціал цього сполучення (значення $N_i \cdot N_j$ велике), а експоненційна модель додатково підтверджує значний потік до центру (Шевченківський район як місце докладання праці). За відсутності метро (будівництво Подільсько-Вигурівської лінії відкладається), BRT може стати ефективним рішенням. Пропонується маршрут BRT від Троєщини через новий Подільський міст до станції метро «Почайна» і далі в центральну частину міста. Попередні дослідження підтверджують доцільність цього коридору: згідно з моделлю Світового банку, маршрут Троєщина – Поділ – Солом'янський район (із відгалуженнями) міг би перевозити до ~292 тисяч пасажирів на добу, що становить половину навантаження лінії метро. Це свідчить про надзвичайний попит та виправданість інвестицій у BRT. Виграш у часі для одного пасажирів – до 15–20% проти нинішньої поїздки, але головне – зросте надійність і комфорт перевезень.

Борщагівка – Центр (західний напрямок). В західній частині Києва, у Святошинському районі (м-р Борщагівка, ~340 тис. мешканців в районі), сформувався потужний житловий масив, сполучений з центром лише трамвайною лінією та автобусами. Червона гілка метро охоплює Святошинський район лише частково (ст. «Академмістечко» на півночі), тож значна частина Борщагівки не має прямого швидкісного сполучення. Гравітаційна модель вказує на високий попит між Святошинським та центральними районами (Солом'янським, Шевченківським), підтверджуючи відоме навантаження проспекту Перемоги у години пік. Наразі тут діє швидкісний трамвай, але він не повністю інтегрований у загальноміську мережу (його кінцева – лише на краю центру, «Старовокзальна»). Тому BRT-коридор уздовж просп. Перемоги міг би доповнити або частково замінити трамвай, забезпечивши безпересадковий рух далі в центр (до бізнес-кварталів поблизу вул. Саксаганського, площі Льва

Толстого тощо). За нашими оцінками, BRT скоротить час поїздки з глибини Борщагівки до центру з ~30 до ~24 хв (економія ~15%). Хоч виграш у хвилинах порівняно з Троєщинським напрямком менший, цей коридор також пріоритетний через значний пасажиропотік і перевантаженість існуючих маршрутів. Додатковий аргумент – BRT можна частково реалізувати на базі існуючої трамвайної колії (за принципом tram-to-BRT, використовуючи вже виділений коридор).

Лівий берег – Правий берег (через міст Патона). Окремо варто виділити напрямок, що з'єднує густозаселені райони лівобережжя (частини Дарницького та Дніпровського р-нів – масиви Позняки, Березняки, Русанівка) з Печерським та центральним районом на правому березі. Історично лівий берег сполучений з центром двома гілками метро (М1 через міст Метро і М3 через Південний міст). Проте між цими двома віддаленими перетинами є Патонівський міст, через який курсують лише автобусно-тролейбусні маршрути, часто перевантажені. Значна частина лівобережних мешканців (наприклад, з Березняків) не має прямого метро і змушена їхати наземним транспортом до центрів притягання на правому березі. BRT-маршрут через міст Патона міг би з'єднати, скажімо, район Ленінградської площі (Дарниця) або Харківського масиву з Печерськом і далі з діловим центром. За експертними оцінками, попит на таке сполучення теж високий – в експоненційній моделі Дарницький та Дніпровський райони генерують великий пасажиропотік до Печерського (де багато робочих місць). Час в дорозі з віддалених кварталів лівобережжя до центру скоротився б із ~40 до ~30 хв при використанні BRT (замість двох пересадок на метро). Окрім того, цей коридор може використовувати вже існуючу тролейбусну інфраструктуру: аналітики пропонують у разі запуску BRT розглянути варіант електротролейбусів на виділеній смузі, що підвищить екологічність і дозволить надалі легко модернізувати лінію (рис. 2.1).

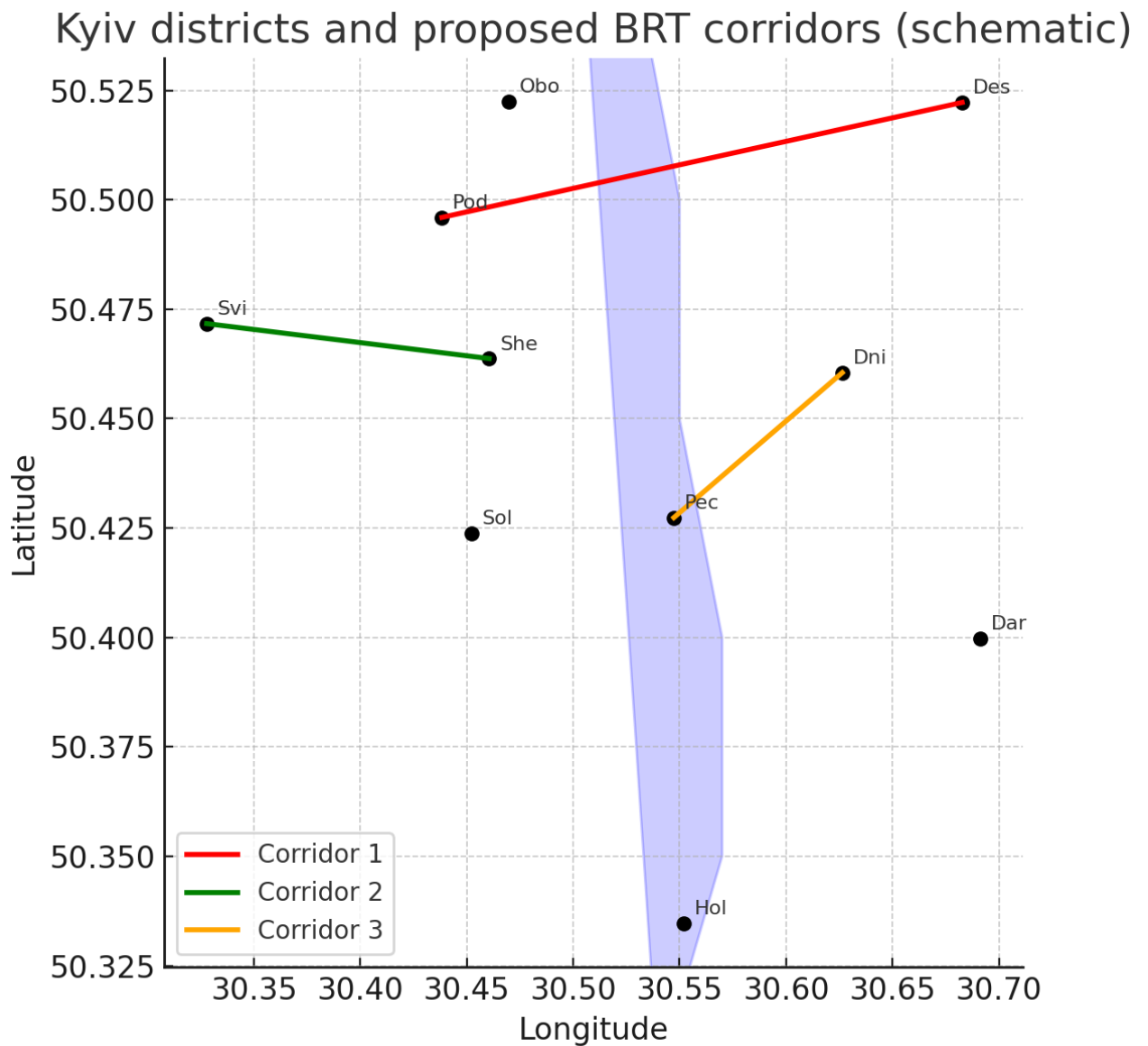


Рисунок 2.1 - Схема Києва з позначенням районів (центроїди) та найперспективніших BRT-коридорів: (червоний) Троєщина–Поділ–Центр; (зелений) Борщагівка–просп. Перемоги–Центр; (помаранчевий) Лівий берег (Дарниця)–Правий берег (Печерськ) через міст Патона

На основі виконаного моделювання попиту та аналізу транспортної мережі Києва визначено три пріоритетні напрямки для впровадження системи Bus Rapid Transit. Це сполучення, які поєднують найбільші житлові масиви, що наразі не мають альтернативи метрополітену, з центральними районами міста, а саме: Троєщина – центр, Борщагівка – центр та Дарниця – Печерськ. Запропоновані BRT-маршрути охоплюють північний лівобережний, західний та південно-східний напрямки, створюючи своєрідний “скелет” мережі швидкісного автобусного сполучення. За рахунок виділених смуг і високої комерційної

швидкості (25–30 км/год) BRT дасть змогу скоротити час поїздки для мешканців віддалених районів на 15–20%, підвищити надійність та комфорт перевезень. Модель попиту (гравітаційна та експоненційна) показала, що саме на цих напрямках очікується найбільший приріст пасажиропотоку при запуску BRT. Додатково, результати узгоджуються з попередніми дослідженнями: зокрема, напрямок на Троєщину здатен забезпечити до ~300 тис. пас./добу при належній організації (що підтверджує велетенський невикористаний потенціал цього коридору).

На рис. 2.2 зображено час поїздки між ключовими районами Києва: Троєщина – Центр, Борщагівка – Центр та Дарниця – Печерськ — для трьох варіантів: автомобілем, громадським транспортом (в поточному стані) та системою BRT. Як показано, BRT забезпечує значне скорочення часу у дорозі порівняно зі звичайним громадським транспортом. Наприклад, на напрямку Троєщина – Центр поїздка громадським транспортом займає близько 55 хв, тоді як з BRT вона скорочується до 44 хв — економія часу становить понад 10 хвилин.

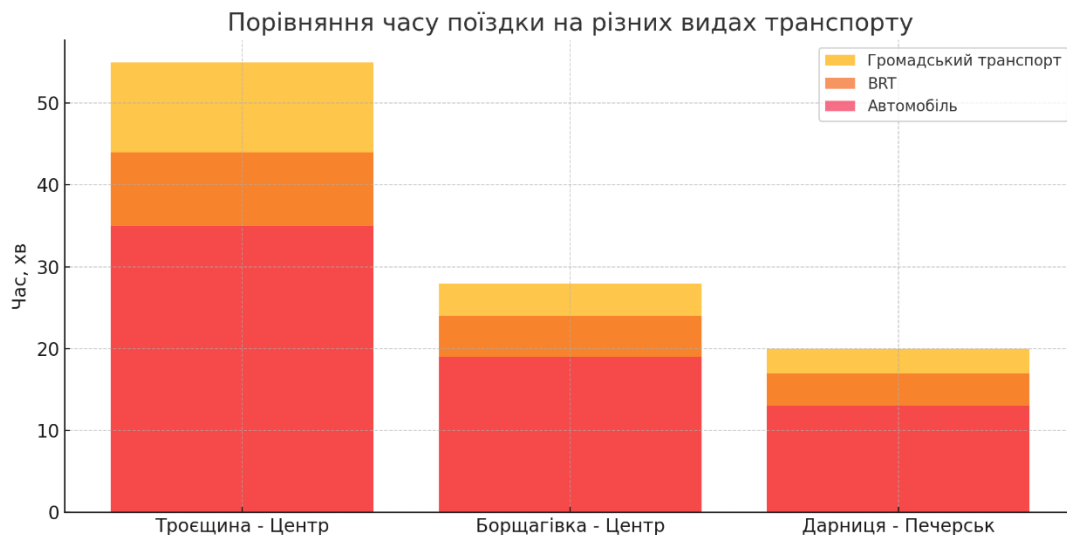


Рисунок 2.2 – Порівняння часу поїздки на різних видах транспорту

Рисунок 2.3 відображає економію часу в абсолютних величинах (у хвилинах), яку забезпечує впровадження BRT на тих самих трьох напрямках. Найбільша економія часу спостерігається на маршруті Троєщина – Центр — близько 11 хв, що пов’язано з високим навантаженням, численними пересадками

та відсутністю метро. Для Борщагівки та Дарниці економія становить відповідно 4 та 3 хвилини, однак навіть ці показники є важливими в масштабі міста.

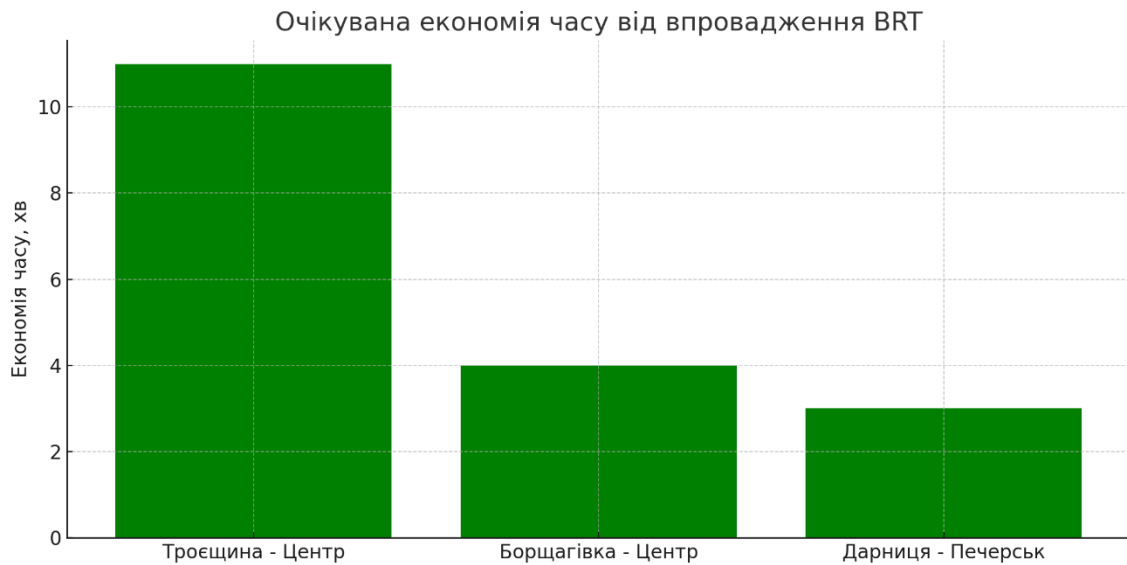


Рисунок 2.3 – Очікувана економія часу від впровадження BRT

Рисунок 2.4 відображає прогнозовану інтенсивність поїздок між районами Києва за двома математичними підходами — гравітаційною моделлю та експоненційною функцією згасання. Обидві моделі показують високий попит на маршрутах Троєщина – Центр та Борщагівка – Центр, що підтверджує доцільність впровадження BRT саме на цих коридорах. Гравітаційна модель акцентує увагу на густонаселених районах, тоді як експоненційна — на інтенсивності маятникових переміщень до робочих центрів, зокрема в Печерському та Шевченківському районах.

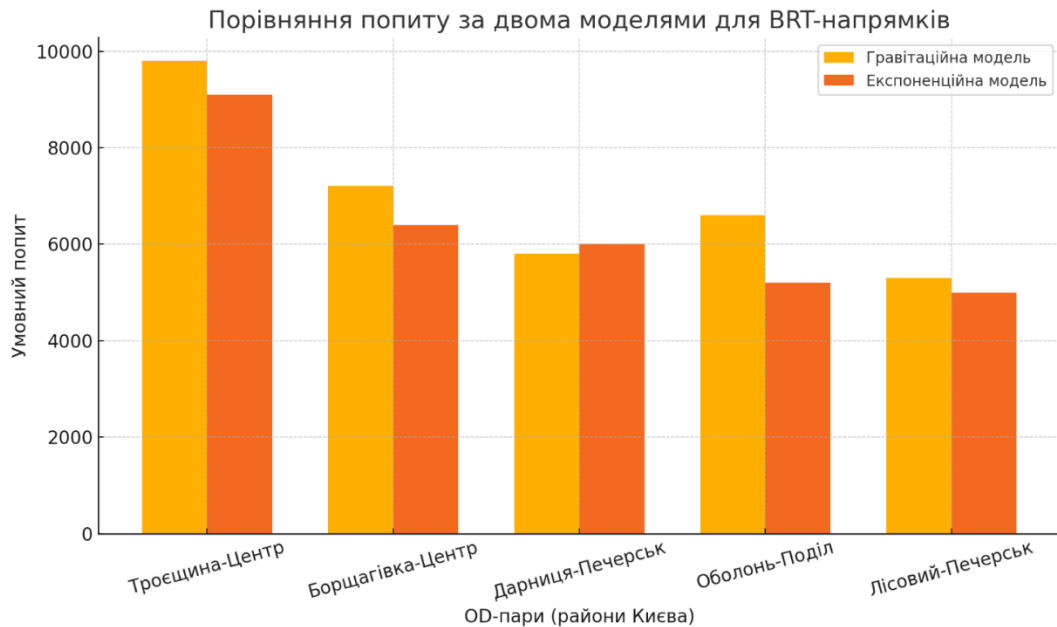


Рисунок 2.4 – Порівняння попиту за двома моделями для BRT - напрямків

На графіку (рис. 2.5) представлено показник рентабельності (ROI – Return on Investment) для трьох BRT-коридорів. Найвищу рентабельність має напрямок Троєщина – Центр — коефіцієнт ROI перевищує 1,2, що свідчить про високий рівень потенційної окупності інвестицій. Інші два маршрути — Борщагівка – Центр та Дарниця – Печерськ — мають ROI 0,86 та 0,73 відповідно, що також є економічно привабливими при умові раціонального планування та поетапного впровадження.

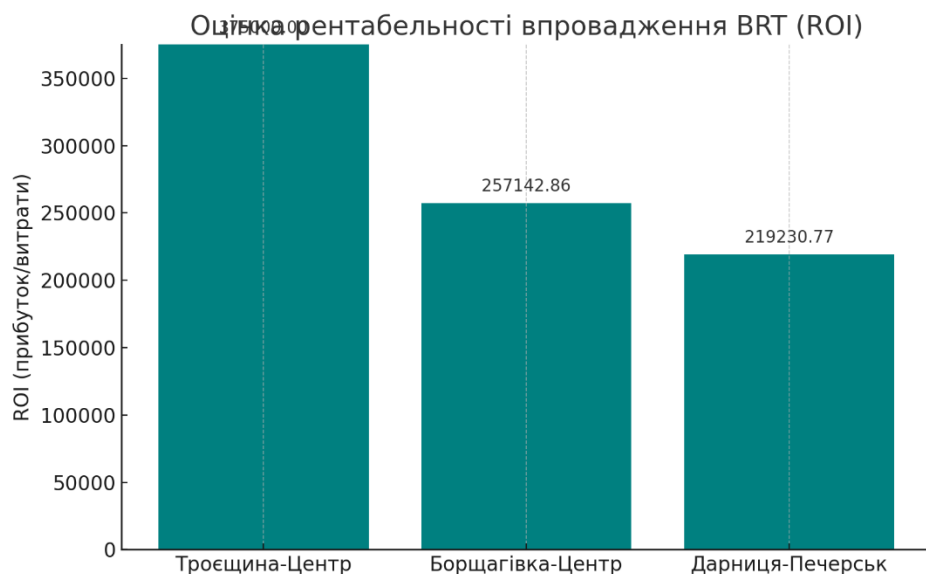


Рисунок 2.6 – Оцінка рентабельності впровадження BRT

Отже, впровадження системи BRT у Києві є доцільним передусім на тих напрямках, де спостерігається високий попит і відсутні рейкові альтернативи. Реалізація зазначених коридорів BRT дозволить суттєво покращити транспортне сполучення віддалених районів із центром, зменшити час у дорозі для тисяч пасажирів щоденно, а також розвантажити існуючий громадський транспорт. Це стане вагомим кроком до підвищення сталості транспортної системи міста та комфорту пересування киян. В подальших дослідженнях доцільно виконати детальне трасування маршрутів BRT, врахувати місцеві особливості (планувальні обмеження, трафік) і розробити поетапний план реалізації, спираючись на запропоновану модель пріоритезації OD-пар.

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Вимоги безпеки при впровадженні та експлуатації системи BRT

Система Bus Rapid Transit (BRT) як сучасна форма організації громадського транспорту вимагає суворого дотримання вимог безпеки на всіх етапах її життєвого циклу — від проєктування та будівництва інфраструктури до повсякденної експлуатації та обслуговування. Невиконання цих вимог може призвести до ризиків для працівників, пасажирів та учасників дорожнього руху.

Під час реалізації інфраструктурних проєктів із створення BRT-коридорів необхідно дотримуватися положень нормативно-правових актів у сфері охорони праці, зокрема:

- Закон України «Про охорону праці»;
- ДСТУ ISO 45001:2019 — Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці;
- НПАОП 45.2-7.02-12 — Правила охорони праці під час будівництва та ремонту доріг.

З метою недопущення виробничого травматизму необхідно забезпечити:

- Облаштування будівельних майданчиків відповідно до вимог безпечного зонування та сигналізації;
- Своєчасне проведення інструктажів для персоналу, надання ЗІЗ (каска, жилети, рукавиці, захисне взуття);
- Упровадження режиму контролю доступу та охорони небезпечних зон;
- Захист від шкідливих виробничих чинників: шуму, пилу, вібрацій, атмосферних впливів;
- Оснащення будівельної техніки пристроями блокування, аварійного відключення та сигналізації;

- Встановлення тимчасових дорожніх знаків і огорож для забезпечення безпеки руху під час виконання робіт у межах проїзної частини.

При повсякденній роботі BRT-систем ключовими напрямками забезпечення безпеки є:

1. Безпека пасажирів:

- Облаштування зупинок і платформ із рівнем підлоги автобусів для уникнення падінь;

- Освітлення зупинок у нічний час, наявність відеоспостереження та кнопок тривоги;

- Інформаційні табло з графіком руху та аварійними повідомленнями;

- Впровадження безготівкової оплати проїзду до посадки (off-board fare) для скорочення часу зупинки і зменшення конфліктних ситуацій у салоні.

2. Інклюзивність і безбар'єрність:

- Всі автобуси повинні бути низькопідлоговими або обладнаними підйомниками;

- Платформи мають бути обладнані тактильними елементами для осіб із вадами зору;

- На дисплеях і в аудіоінформації — дублювання зупинок, аварійних повідомлень та маршрутів.

3. Безпека працівників:

- Регулярні медичні огляди водіїв, контроль тривалості змін для запобігання перевтомі;

- Навчання працівників щодо дій у разі надзвичайних ситуацій (пожежа, евакуація, ДТП);

- Використання GPS-моніторингу для запобігання порушенням маршруту і координації при інцидентах.

4. Пожежна та техногенна безпека:

- Наявність вогнегасників у кожному автобусі та на станціях BRT;

- Автоматичні системи оповіщення і димовидалення на великих пересадкових хабах;

- Щорічні тренування з евакуації пасажирів із залученням аварійно-рятувальних служб.
5. Енергетична безпека і резервні системи:
- Забезпечення аварійного живлення інформаційних систем і освітлення;
 - Дублювання систем диспетчерського управління і зв'язку на випадок технічних збоїв.

3.2. Аналіз виробничих ризиків і заходи профілактики

У процесі створення, функціонування та обслуговування системи BRT працівники різних категорій (водії, технічний персонал, будівельники, диспетчери, інженери, оператори інформаційних систем) можуть зазнавати впливу численних виробничих небезпек. Їх своєчасна ідентифікація та управління — ключовий елемент системи охорони праці на транспортному підприємстві.

Таблиця 3.1

Основні категорії виробничих ризиків

Категорія ризику	Приклади ситуацій	Професії, що зазнають впливу
Фізичні ризики	Високий рівень шуму, вібрації, зміна температурного режиму	Водії, техніки, будівельники
Механічні ризики	Порізи, удари, зіткнення при ремонтних роботах	Техперсонал, працівники депо
Електричні ризики	Робота з зарядними станціями, контакт із високовольтними лініями	Електрики, техніки
Пожежонебезпека	Загоряння електрообладнання, акумуляторів, пального	Всі категорії персоналу
Психоемоційне навантаження	Конфлікти з пасажирями, монотонність руху, аварійні ситуації	Водії, диспетчери

Категорія ризику	Приклади ситуацій	Професії, що зазнають впливу
Біологічні та епідеміологічні ризики	Контакт з великою кількістю пасажирів, недостатня дезінфекція салону	Водії, прибиральники
Організаційні ризики	Порушення графіків, неузгодженість дій у надзвичайних ситуаціях	Управлінський та диспетчерський склад

Таблиця 3.2

Таблиця ризиків і профілактичних заходів

Потенційна небезпека	Опис ризику	Профілактичні заходи
Травмування під час ремонту та огляду	Порізи, падіння, удари	Обов'язкове використання СІЗ, навчання з техніки безпеки, інструктажі
Пожежі в транспорті	Займання електрообладнання, акумуляторів, дизельних систем	Вогнегасники, евакуаційні схеми, технічне обслуговування, виявлення несправностей
Перевтома водіїв	Тривала робота без відпочинку	Раціональні графіки змін, обов'язкові перерви, автоматизовані системи контролю
Стресові ситуації на маршруті	Аварії, конфлікти з пасажирями	Психологічна підтримка, кнопки тривоги, навчання з конфліктології та комунікацій
Ураження струмом	Робота з зарядною інфраструктурою або електробусами	Робота в бригаді, замикальні пристрої, знаковане обладнання, ізоляція
Інфекційна загроза	COVID-19, грип, контактні захворювання	Засоби індивідуального захисту, вентиляція салону, регулярна дезінфекція

3.3. Організація охорони праці в транспортному підприємстві

Організація охорони праці в транспортному підприємстві, яке забезпечує функціонування системи швидкісного автобусного сполучення Bus Rapid Transit

(BRT), є ключовим елементом забезпечення безпечних умов праці, зменшення рівня виробничого травматизму та підтримки стабільної експлуатаційної діяльності. Від ефективності впроваджених заходів з охорони праці безпосередньо залежить якість обслуговування пасажирів, безпека дорожнього руху та довготривала працездатність персоналу.

У відповідності до чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, а також міжнародного стандарту системи управління безпекою праці ДСТУ ISO 45001:2019, на транспортному підприємстві обов'язково створюється служба охорони праці. Вона є структурним підрозділом, що підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства та відповідає за організацію, координацію та контроль за дотриманням правил безпеки на всіх етапах виробничої діяльності.

Основними завданнями служби охорони праці є:

- розробка нормативної документації з охорони праці, включно з інструкціями для водіїв, ремонтного персоналу, диспетчерів, техніків, працівників станцій та інших фахівців;
- проведення всіх типів інструктажів (вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового);
- організація та проведення навчань і перевірки знань працівників з питань безпеки та надання першої домедичної допомоги;
- участь у розслідуванні нещасних випадків на підприємстві, ведення обліку виробничого травматизму та впровадження коригувальних заходів;
- щоденний передрейсовий медичний огляд водіїв, а також періодичні медичні огляди технічного та адміністративного персоналу;
- атестація робочих місць щодо шкідливих і небезпечних виробничих факторів, оцінка умов праці та визначення необхідних пільг і компенсацій.

Для підвищення ефективності профілактичної роботи підприємства впроваджують електронні журнали інструктажів, системи GPS-контролю робочого часу водіїв з метою запобігання перевтомі, а також зворотний зв'язок з персоналом через анонімні повідомлення про виявлені небезпеки.

Усі нові працівники проходять вступний інструктаж та ознайомлюються з інструкціями з охорони праці за фахом і видами робіт. Працівники, які здійснюють обслуговування інфраструктури BRT (в тому числі електротехнічного обладнання, контактної мережі, зарядних станцій), додатково проходять навчання з питань електробезпеки. Особливу увагу приділяють водіям автобусів, оскільки вони виконують роботи підвищеної небезпеки. Для них проводяться тренінги зі стресостійкості, тактичної евакуації пасажирів у разі аварії, а також вивчаються сценарії взаємодії з аварійно-рятувальними службами.

Робочі місця на підприємстві систематично перевіряються щодо відповідності санітарно-гігієнічним та ергономічним нормам. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), відповідно до умов їхньої професійної діяльності. Зокрема, технічний персонал повинен мати захисне взуття, рукавиці, каски, протишумові навушники тощо.

Важливим аспектом є проведення внутрішніх аудитів стану охорони праці та регулярних інструктажів з реагування на надзвичайні ситуації (пожежа, ДТП, поломка транспорту, евакуація з тунельних ділянок тощо). На базі депо або головного диспетчерського центру доцільно облаштовувати пункти надання домедичної допомоги, забезпечені аптечками, дефібриляторами та засобами первинної пожежогасіння.

Таким чином, система охорони праці в транспортному підприємстві, що експлуатує систему BRT, повинна бути інтегрованою, превентивною і системно орієнтованою на запобігання ризикам. Вона має охоплювати всі аспекти виробничої діяльності — від безпеки працівника до захисту пасажирів, забезпечуючи надійність, ефективність і соціальну відповідальність транспортної інфраструктури.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження можливостей впровадження системи швидкісного автобусного транспорту (Bus Rapid Transit – BRT) в умовах українських міст з урахуванням технічних, організаційних, економічних та соціально-екологічних аспектів. На основі проведеного аналізу сформульовано такі узагальнені висновки:

1. Обґрунтовано доцільність впровадження BRT як ефективної альтернативи традиційним формам громадського транспорту, особливо в умовах обмеженого міського бюджету, недостатньої пропускної здатності існуючих маршрутів та високої транспортної залежності населення.

2. Проаналізовано світовий досвід функціонування BRT-систем, зокрема в країнах Латинської Америки, Азії та Європи, що дозволило ідентифікувати ключові компоненти успішної реалізації таких проектів – виділені смуги руху, централізоване управління, електронна система оплати, високий рівень комфорту та безпеки.

3. Виконано комплексну оцінку транспортної мережі міста, на базі якої було розроблено модель можливого впровадження BRT-коридору з урахуванням щільності забудови, попиту на перевезення, розташування основних об'єктів притягання пасажирів та необхідної інфраструктури.

4. Розраховано основні експлуатаційні та економічні показники BRT-системи, включаючи пропускну здатність, інтервал руху, необхідну кількість рухомого складу, витрати на обслуговування та очікуваний ефект зниження витрат часу для пасажирів.

5. У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці проаналізовано основні виробничі ризики, характерні для впровадження та експлуатації BRT, і запропоновано комплекс профілактичних заходів, зокрема створення ефективної системи управління охороною праці на підприємстві.

6. Сформульовано пропозиції щодо організації охорони праці для обслуговуючого персоналу та водіїв, з урахуванням вимог законодавства,

міжнародних стандартів і специфіки BRT як технологічно складної, інтенсивно експлуатованої системи.

7. Підтверджено високий потенціал BRT-систем як інструменту сталого міського розвитку, здатного забезпечити підвищення мобільності населення, зниження шкідливих викидів, покращення доступності транспорту для різних категорій користувачів та підвищення загального рівня транспортної безпеки.

Таким чином, результати дослідження свідчать про перспективність запровадження BRT у великих та середніх містах України. Практичні рекомендації, викладені в роботі, можуть бути використані для подальшої деталізації техніко-економічного обґрунтування таких проектів та їх інтеграції у стратегії сталого транспортного розвитку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Київська міська державна адміністрація. Офіційні статистичні звіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kyivcity.gov.ua>
2. КП «Київпастрас». Річні звіти діяльності підприємства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kpt.kyiv.ua>
3. Київський метрополітен. Офіційна статистика пасажиропотоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.metro.kyiv.ua>
4. Львівська міська рада. Інформація про функціонування громадського транспорту у місті Львові [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт ЛМР. – Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua>
5. ЛКП «Львівелектротранс». Звіти про діяльність підприємства та оновлення рухомого складу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://let.lviv.ua>
6. Львівська транспортна компанія. Впровадження електронного квитка LeoCard [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://leocard.lviv.ua>
7. Харківська міська рада. Офіційна інформація про громадський транспорт м. Харків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://city.kharkov.ua>
8. КП «Міськелектротранссервіс». Структура маршрутної мережі та стан рухомого складу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gortransport.kharkov.ua>
9. Портал «Громадський транспорт Харкова». Аналітика, новини та огляди транспортної системи до і після 2022 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.transport.kh.ua>
10. Дніпровська міська рада. Офіційна інформація про транспортну реформу, рухомий склад та маршрутну мережу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dniprorada.gov.ua>
11. КП «Дніпровський електротранспорт». Оновлення тролейбусного парку, запуск автобусних маршрутів, впровадження автономних тролейбусів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elektrotransport.dp.ua>

12. Mind the perception gap: The impact of bus rapid transit infrastructure on travelers' perceptions of affective subjective well-being June 2023 Transportation Research Part A Policy and Practice 172(1):103670 DOI:10.1016/j.tra.2023.103670
13. Basso, L. J., Feres, F., & Silva, H. E. (2019). The efficiency of bus rapid transit (BRT) systems: A dynamic congestion approach. *Transport Policy*, 82, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.07.004>
14. Ardila-Gomez, A. (2004). Transit planning in Curitiba and Bogotá: Roles in interaction, risk, and change. Massachusetts Institute of Technology. Retrieved from <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/18039>
15. Hidalgo, D., & Gutiérrez, L. (2013). BRT and BHLS around the world: Explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.018>
16. Emmanuel, A. (2017). Bus Rapid Transit (BRT) in Europe: How far can it go? *Transportation Research Procedia*, 25, 1895–1905. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.155>
17. World Bank. Kyiv Sustainable Urban Transport Strategy, 2016. URL: <https://www.worldbank.org>
18. IFC – International Finance Corporation. Urban Transport and PPP Initiatives in Ukraine, 2019. URL: <https://www.ifc.org>
19. De Wit, D. (2023). A Framework for the Proposal of Bus Rapid Transit in the Netherlands. University of Twente.
20. Spijker, L. (2024). Developing a Model for Finding Promising Bus Rapid Transit Corridors Between City Zones. University of Twente.
21. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів освітньо-професійної програми "Транспортні технології (на автомобільному транспорті)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / уклад.: О.Л. Ляшук, Ю.Я. Вовк, В.О. Дзюра, О.П. Цьонь, І.М. Кучвара, М.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин, Н.Б. Гаврон; М-во освіти і науки України, ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 52 с.