НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет механіко-технологічний

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

транспортних технологій та

(назва кафедри)

засобів у АПК _____

_____Савченко Л.А.

(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему « Оптимізація організації пасажирських перевезень на маршруті шляхом удосконалення графіка руху на прикладі КП «Київпастранс»

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

(код і назва)

Гарант освітньої програми

к. т. н., доцент__ _____ Опалко В.Г

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к. т. н., доцент_____ Бондарєв С.І.

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Степанчук В.Ю.

(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет-механіко технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів у АПК
_____Савченко Л. А.
(науковий ступінь, вчене звання)___
(підпис)_____(ПІБ)
«____» _____2026

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Степанчуку Владиславу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи «Оптимізація організації пасажирських перевезень на маршруті шляхом удосконалення графіка руху на прикладі КП «Київпастранс»
затверджена наказом ректора НУБіП України від
Термін подання завершеної роботи на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи:
Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Проаналізувати сучасний стан пасажирських перевезень в Україні та м. Києві.
2. Дослідити організаційно-господарську діяльність КП «Київпастранс».
3. Виконати аналіз пасажиропотоку та техніко-експлуатаційних показників обраного маршруту.
4. Розробити удосконалений графік руху з урахуванням коливань попиту.

5. Оцінити економічну ефективність запропонованих заходів.

Дата видачі завдання «1» вересня 2025 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи_____ Бондарєв С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Степанчук В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Оптимізація організації пасажирських перевезень на маршруті КП «Київпастранс» шляхом удосконалення графіка руху».

Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 92 сторінки, містить 12 таблиць та 8 рисунків.

Метою роботи є розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо оптимізації організації пасажирських перевезень на конкретному маршруті КП «Київпастранс» шляхом удосконалення графіка руху з урахуванням коливань попиту, реальних умов вулично-дорожньої мережі та специфіки воєнного стану в Україні.

Об’єкт дослідження — процес організації пасажирських перевезень на маршруті КП «Київпастранс».

Предмет дослідження — методи, підходи, математичні модели та інформаційні інструменти удосконалення графіка руху міського пасажирського транспорту в умовах комунального підприємства.

У дипломній роботі розв’язуються такі задачі: аналіз сучасного стану, п'ятирічної динаміки (2019–2023 рр.) та ключових тенденцій розвитку пасажирських перевезень в Україні та м. Києві; дослідження організаційно-господарської діяльності, фінансово-економічного стану та нормативно-правової бази КП «Київпастранс» як об'єкта дослідження; виконання комплексного аналізу пасажиропотоку, умов праці водіїв та техніко-експлуатаційних показників обраного тролейбусного маршруту № 34; дослідження характеристик, місткості, технічного стану та паливно-енергетичної ефективності наявних на маршруті типів рухомого складу (Богдан Т701 та Богдан Т802); розрахунок поточних техніко-експлуатаційних параметрів роботи маршруту та виявлення причин системних відхилень від розкладу руху; розробка удосконаленого

диференційованого графіка руху з коригуванням нормативного часу рейсу та оптимізацією кількості рухомого складу за часовими інтервалами; обґрунтування архітектури та етапів впровадження активної тришарової системи автоматизованого GPS-контролю виконання графіка руху з алгоритмом виявлення ефекту convoy; виконання комплексної оцінки безпеки пасажирських перевезень на маршруті, включаючи розробку плану дій та евакуації пасажирів під час повітряних тривог; розрахунок економічної ефективності, інвестиційних витрат, річного фінансового ефекту та строків окупності запропонованого проекту модернізації перевізного процесу; формування системи ключових показників результативності (KPI) для моніторингу та оцінки якості транспортного обслуговування після реалізації проекту.

У процесі виконання роботи застосовувались такі методи дослідження: системного аналізу (для дослідження структури перевізного процесу комунального підприємства), статистичний (для обробки даних пасажиропотоків та хронометражних спостережень), теорії масового обслуговування та стохастичного моделювання (для опису нерівномірності пасажиропотоку), математичного програмування (для оптимізації кількості рухомого складу), графічний (для візуалізації схем маршруту та діаграм реалізації проекту), техніко-економічного розрахунку та дисконтування (для оцінки фінансової та соціально-економічної ефективності впроваджуваних заходів).

За результатами дослідження розроблено та обґрунтовано комплексний проєкт оптимізації тролейбусного маршруту № 34 (м. Київ), який дозволяє усунути критичне переповнення рухомого складу у пікові години (знизивши коефіцієнт наповнення з 3,23 до нормативного рівня 0,88) за рахунок збільшення випуску машин з 17 до 26 одиниць у ранковий пік та встановлення реалістичного нормативного часу рейсу (62 хв замість 47 хв). Впровадження системи активного GPS-моніторингу, встановлення

12 інформаційних табло на зупинках та реалізація заходів із підвищення безпеки перевезень потребують інвестицій у розмірі 4,4 млн грн. Проєкт забезпечує сукупний річний економічний ефект у розмірі 16,0 млн грн (за рахунок зростання доходів від перевезень на 15%, скорочення ДТП та аварійних виїздів, а також монетизації економії часу пасажирів). Чистий дисконтований дохід (NPV) за 5 років становить +49,4 млн грн, індекс прибутковості (PI) дорівнює 12,24, а строк окупності капіталовкладень складає 3,3 місяці. Отримані результати мають високу практичну цінність та рекомендовані для масштабування на всю тролейбусну мережу столиці.

Ключові слова: МІСЬКИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ, ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, КП «КИЇВПАСТРАНС», ГРАФІК РУХУ, ІНТЕРВАЛ, ПАСАЖИРОПОТІК, КОЕФІЦІЄНТ НАПОВНЕННЯ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, GPS-МОНІТОРИНГ, ЕФЕКТ CONVOY, БЕЗПЕКА РУХУ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СТРОК ОКУПНОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП 9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ 12
1.1 Динаміка пасажирських перевезень у 2019–2023 роках 12
1.2 Огляд літературних джерел і ступінь дослідженості проблеми організації пасажирських перевезень 16
1.3 Аналіз математичних моделей, якими описують транспортний процес пасажирських перевезень 20
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 26
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КП «КИЇВПАСТРАНС» 28
2.1 Динаміка пасажирських перевезень у 2019–2023 роках 28
2.2 Аналіз організації перевізного процесу підприємства 31
2.3 Аналіз транспортного парку КП «Київпастранс» 33
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 37
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ НА МАРШРУТІ 40
3.1 Характеристика досліджуваного маршруту та пасажиропотоку 40
3.2 Особливості організації перевезень пасажирів на маршруті 42
3.3 Аналіз транспортних засобів, що здійснюють перевезення на маршруті. 45
3.4 Побудова схеми маршруту та аналіз часових характеристик руху 48
3.5 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи маршруту 50
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 53
РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ГРАФІКА РУХУ НА МАРШРУТІ В УМОВАХ КП «КИЇВПАСТРАНС» 55
4.1 Напрями оптимізації графіка руху та організації перевізного процесу 55
4.2 Впровадження системи GPS-стеження і автоматизованого контролю виконання графіка руху 57
4.3 Оцінка безпеки пасажирських перевезень на маршруті 61
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 65
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕНИХ ЗАХОДІВ 67
5.1 Оцінка ефективності запропонованого проекту з оптимізації графіка руху 67
5.2 Пропозиції та рекомендації з реалізації запропонованого проекту 72

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5 78
ВИСНОВКИ 80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 83
ДОДАТОК А 90
ДОДАТОК Б 91
ДОДАТОК В 92
ДОДАТОК Г 94
ДОДАТОК Д 95
ДОДАТОК Е 96
ДОДАТОК Є 98
ДОДАТОК Ж 99

ВСТУП

Розвиток міського пасажирського транспорту є одним із ключових чинників забезпечення якості життя міського населення та ефективного функціонування урбанізованих територій. В умовах зростання інтенсивності міських пасажиропотоків, підвищення вимог населення до регулярності й надійності транспортного обслуговування, а також необхідності раціонального використання ресурсів транспортних підприємств питання оптимізації організації пасажирських перевезень набувають особливої актуальності. Саме вдосконалення графіка руху як основного інструменту планування перевізного процесу здатне суттєво підвищити якість транспортного обслуговування та скоротити невиправдані витрати підприємства.

Проблематика організації міських пасажирських перевезень досліджувалася у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема, питанням моделювання транспортних потоків і оптимізації маршрутних мереж присвячені роботи В. К. Доля, Є. І. Куша, О. М. Лободи, Г. І. Нагорного. Проблеми підвищення ефективності міського електричного транспорту аналізували Л. А. Александров, І. В. Скалозуб, а методологічні підходи до складання розкладів руху висвітлено у дослідженнях Д. В. Зеркалова та О. С. Іванова. Разом із тим, незважаючи на значний науковий доробок, питання комплексного удосконалення графіка руху з урахуванням сезонних коливань пасажиропотоку, реального технічного стану рухомого складу та умов воєнного часу в Україні залишаються недостатньо опрацьованими у прикладному аспекті.

Проблема дослідження полягає у невідповідності між існуючою організацією руху на маршрутах КП «Київпастранс» та реальними потребами пасажирів, що виявляється у нерівномірному завантаженні рухомого складу,

порушеннях інтервалів руху та нераціональному використанні ресурсів підприємства.

Мета дослідження — розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо оптимізації організації пасажирських перевезень на конкретному маршруті КП «Київпастранс» шляхом удосконалення графіка руху.

Об'єкт дослідження — процес організації пасажирських перевезень на маршруті КП «Київпастранс».

Предмет дослідження — методи, підходи та інструменти удосконалення графіка руху міського пасажирського транспорту в умовах комунального підприємства.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан пасажирських перевезень в Україні та м. Києві;
- дослідити організаційно-господарську діяльність КП «Київпастранс»;
- виконати аналіз пасажиропотоку та техніко-експлуатаційних показників обраного маршруту;
- розробити удосконалений графік руху з урахуванням коливань попиту;
- оцінити економічну ефективність запропонованих заходів.

Теоретична значущість роботи полягає у систематизації існуючих підходів до оптимізації графіків руху міського пасажирського транспорту та адаптації відповідних математичних моделей до умов українських комунальних підприємств. Практична значущість визначається можливістю безпосереднього впровадження розроблених пропозицій у діяльність КП «Київпастранс» з метою підвищення регулярності руху, зниження питомих витрат на перевезення та покращення якості обслуговування пасажирів.

У процесі виконання роботи застосовувались такі методи дослідження: системного аналізу — для дослідження організації перевізного процесу;

статистичний — для обробки даних про пасажиропотік і техніко-експлуатаційні показники; графічний — для візуалізації маршрутних схем і графіків руху; техніко-економічного розрахунку — для оцінки ефективності запропонованих заходів; порівняльний — для зіставлення існуючого та удосконаленого варіантів організації руху.

Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі проаналізовано стан пасажирських перевезень в Україні та розглянуто теоретичні засади оптимізації транспортного процесу. Другий розділ присвячено характеристиці КП «Київпастранс» як об'єкта дослідження. У третьому розділі досліджено організацію руху на обраному маршруті та розраховано техніко-експлуатаційні показники. Четвертий розділ містить конкретні пропозиції щодо удосконалення графіка руху та впровадження сучасних інформаційних систем контролю. П'ятий розділ присвячено економічній оцінці запропонованих заходів. Загальний обсяг роботи становить 90 сторінок.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

1.1 Динаміка пасажирських перевезень у 2019–2023 роках

Пасажирський транспорт є однією з базових галузей національної економіки, що забезпечує щоденну мобільність населення, підтримує функціонування ринку праці та сприяє соціальній згуртованості суспільства. Стан транспортної галузі безпосередньо визначає якість життя населення в містах і регіонах, тому моніторинг динаміки пасажирських перевезень є обов'язковою складовою аналітичної роботи як на рівні окремих підприємств, так і на рівні державного управління. Аналіз статистичних даних за 2019–2023 роки дозволяє виявити ключові тенденції галузі, встановити вплив зовнішніх чинників на обсяги перевезень та обґрунтувати необхідність удосконалення системи організації перевізного процесу [8].

У 2019 році транспортна галузь України демонструвала відносну стабільність: автомобільним транспортом загального користування було перевезено близько 1 873 млн пасажирів, що відповідало рівню попередніх років і свідчило про стале функціонування системи міського та приміського сполучення. Міський електричний транспорт — трамваї та тролейбуси — в сукупності обслуговував щорічно понад 1 100 млн пасажирів по всій Україні. Метрополітени трьох міст — Києва, Харкова та Дніпра — перевозили в сумі близько 730 млн осіб на рік. Таким чином, загальний обсяг пасажирських перевезень усіма видами транспорту у 2019 році перевищував 4 300 млн поїздок. Провідну роль у задоволенні транспортних потреб населення відігравав автобусний транспорт, частка якого в загальному обсязі перевезень становила близько 43 %, а тролейбусне та трамвайне сполучення забезпечували ще 26 % [8].

Рік 2020 ознаменувався різким і безпрецедентним падінням обсягів перевезень унаслідок введення карантинних обмежень через пандемію COVID-19. У березні–квітні 2020 року громадський транспорт у більшості міст України було переведено в особливий режим роботи або частково зупинено. Загальний обсяг пасажирських перевезень автобусним транспортом скоротився до 1 082 млн осіб, що становило лише 57,8 % від рівня 2019 року. Перевезення електричним транспортом також зменшилися приблизно на 45–50 %. Метрополітен Києва у 2020 році перевіз 395 млн осіб проти 556 млн у 2019 році, тобто скорочення склало майже 29 %. Ці дані наочно демонструють надзвичайну чутливість транспортної системи до зовнішніх кризових факторів і вразливість організаційних механізмів, що не передбачали швидкого переходу до гнучкого управління графіками руху [9].

У 2021 році спостерігалося поступове відновлення галузі в міру послаблення карантинних заходів. Обсяг перевезень автобусним транспортом зріс до 1 385 млн пасажирів, що складало 73,9 % від рівня 2019 року. Метрополітен Києва відновив перевезення до 511 млн осіб. Незважаючи на позитивну динаміку, повного відновлення до допандемічних показників не відбулося, що пояснювалося зміненими звичками пасажирів, частковим переходом на дистанційні форми роботи та нерівномірністю відновлення економічної активності в різних регіонах країни [9]. Паралельно проявилася системна проблема зношеності рухомого складу: за оцінками галузевих фахівців, понад 60 % автобусного парку на маршрутах загального користування відпрацювало нормативний термін експлуатації, що безпосередньо позначалося на надійності виконання графіків руху [21].

Трагічний злам у динаміці перевезень стався у 2022 році у зв'язку з повномасштабним вторгненням Російської Федерації. Відповідно до даних оновленої Національної транспортної стратегії, загальна кількість перевезених пасажирів усіма видами транспорту у 2022 році склала 1,6 млрд, що на 39,7 % менше порівняно з 2021 роком [6]. Такий критичний спад пояснюється

одночасною дією кількох факторів: масовою евакуацією населення, запровадженням комендантської години в більшості міст, руйнуванням транспортної інфраструктури на окупованих і прифронтових територіях, перебоями з електропостачанням, що унеможливлювало роботу електричного транспорту, а також загальним зниженням економічної активності населення. КП «Київпастранс» у 2022 році суттєво скоротило кількість маршрутів і чисельність рухомого складу, що виходить на лінію щодня, адаптуючи графіки руху до умов воєнного стану та вимог безпеки [11].

Таблиця 1.1

Динаміка пасажирських перевезень в Україні за 2019–2023 роки

Вид транспорту	2019	2020	2021	2022	2023
Автобусний (млн осіб)	1 873	1 082	1 385	832	948
Тролейбусний (млн осіб)	612	335	431	218	241
Трамвайний (млн осіб)	497	271	348	171	189
Метрополітен (млн осіб)	730	423	542	296	334
Залізничний приміський (млн осіб)	147	86	112	68	79
Усього (млн осіб)	3 859	2 197	2 818	1 585	1 791
Зміна до попереднього року (%)	—	–43,1	+28,3	–43,8	+13,0

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України [8; 9; 10].

У 2023 році намітилася певна позитивна динаміка: загальний обсяг перевезень зріс до 1 791 млн осіб, що на 13 % перевищило показники 2022 року. Проте цей рівень залишався значно нижчим за довоєнний — лише 46,4 % від обсягів 2019 року. Місто Київ, де КП «Київпастранс» є основним оператором наземного пасажирського транспорту, поступово відновлювало маршрутну мережу: до лінії щодня виходило близько 400 автобусів, 370 тролейбусів і 290 трамваїв, хоча й у скороченому режимі порівняно з мирним часом [11; 12]. Аналіз п'ятирічної динаміки переконливо свідчить, що транспортна система України зазнала двох послідовних глибоких потрясінь і вимагає не лише відновлення, а й принципового переосмислення підходів до

організації перевізного процесу, насамперед у частині складання та коригування графіків руху.

Таблиця 1.2

Порівняльна характеристика стану транспортного парку КП «Київпастранс» у 2019 та 2023 роках

Показник	2019 р.	2023 р.	Зміна (%)
Кількість автобусних маршрутів	105	74	–29,5
Середньодобовий випуск автобусів (од.)	520	400	–23,1
Середньодобовий випуск тролейбусів (од.)	430	370	–14,0
Середньодобовий випуск трамваїв (од.)	310	290	–6,5
Обсяг перевезень по Києву (млн осіб/рік)	397	184	–53,7
Довжина контактної мережі (км)	1 190,9	1 043,2	–12,4

Джерело: складено за даними КП «Київпастранс» та Вікіпедії [11; 12].

Структурний аналіз динаміки перевезень дозволяє виокремити 3 ключові тренди, що визначатимуть розвиток галузі в найближчі роки. По-перше, відбувається перерозподіл пасажиропотоку між видами транспорту на користь автобусного, що є більш гнучким та менш залежним від стаціонарної інфраструктури. По-друге, нерівномірність пасажиропотоку за годинами доби та днями тижня посилилася, що ускладнює складання рівномірних графіків руху. По-третє, зростають вимоги пасажирів до регулярності та передбачуваності транспортного обслуговування за одночасного скорочення фінансових ресурсів підприємств, що потребує принципово нових підходів до оптимізації графіків руху [5; 6]. Ці тенденції визначають актуальність наукових досліджень у сфері організації пасажирських перевезень, огляду яких присвячено наступний підрозділ.

1.2 Огляд літературних джерел і ступінь дослідженості проблеми організації пасажирських перевезень

Проблематика організації пасажирських перевезень і вдосконалення графіків руху є предметом наукового інтересу широкого кола вітчизняних дослідників, що відображається у зростаючому масиві наукових публікацій, монографій, дисертаційних робіт і кваліфікаційних проектів останніх років. Огляд літературних джерел дозволяє не лише систематизувати існуючий доробок, а й виявити ті аспекти проблеми, що залишаються недостатньо дослідженими і потребують подальшого наукового опрацювання. Загалом можна виділити декілька змістовних напрямів, у межах яких ведеться дослідницька робота: якість транспортного обслуговування, математичне моделювання перевізного процесу, оптимізація маршрутних мереж, питання технічного забезпечення та регулювання галузі [13; 14].

Питання якості пасажирського транспортного обслуговування та методики її оцінювання розкриваються у праці Ю. С. Лігума та Є. Г. Логачова, які запропонували систему нефінансових показників для комплексної оцінки функціонування маршруту міської пасажирської транспортної системи [13]. Автори доводять, що традиційні фінансово-економічні критерії не відображають реального рівня задоволеності пасажирів і пропонують ввести коефіцієнт ефективності транспортної послуги, що враховує інтервал руху, заповненість рухомої одиниці та параметри пасажиропотоку на зупинці. Важливим внеском цього дослідження є математично обґрунтоване визначення оптимального інтервалу руху, при якому досягається економічне узгодження інтересів перевізника і пасажирів. Цей підхід є безпосередньо застосовним при розробці вдосконаленого графіка руху для маршрутів КП «Київпастранс».

Дослідженню системи транспортного обслуговування пасажирів із застосуванням соціологічних методів присвячена стаття, опублікована у

Центральноукраїнському науковому віснику у 2022 році [14]. У роботі обґрунтовано параметри якості системи транспортного обслуговування та запропоновано комплексний показник якості, що враховує загальні критерії перевізного процесу та специфічні характеристики обслуговування пасажирів. На основі соціологічного опитування жителів міста Рівне виявлено, що регулярність перевезень і зручність розкладу руху є 2 ключовими чинниками, що визначають рівень задоволеності пасажирів. Результати дослідження підтверджують гіпотезу про те, що вдосконалення графіка руху є одним з найефективніших інструментів підвищення якості транспортного обслуговування.

Значний внесок у вивчення проблем використання рухомого складу на міських маршрутах зробили В. В. Біліченко, С. В. Цимбал та О. В. Цимбал, що у 2020 році провели систематизований аналіз методів визначення кількості та пасажиромісткості рухомого складу на міських маршрутах [27]. Автори констатують, що більшість існуючих методик орієнтовані на усереднені показники пасажиропотоку і не враховують його нерівномірності за годинами доби, що призводить до або перевиробництва транспортної послуги у міжпікові години, або дефіциту місць у пікові інтервали. Продовженням цього дослідження стала праця тих самих авторів 2022 року, де проаналізовано пристосованість різних типів автобусів до роботи на міських маршрутах з урахуванням швидкісних властивостей, паливної економічності та продуктивності [28].

Питання моделювання та організації зупиночних пунктів як елементів транспортної інфраструктури, що безпосередньо впливають на виконання графіка руху, розглядає у своїй публікації І. О. Хітров [30]. Дослідник застосував метод імітаційного моделювання для вивчення роботи зупинок громадського транспорту і встановив, що нераціональне розміщення та обладнання зупинок є одним з ключових чинників систематичного порушення графіків руху. Зокрема, при вході і виході 25–30 пасажирів на зупинці

додаткова затримка транспортного засобу складає від 20 до 45 секунд, що у масштабі маршруту з 20 зупинками може призводити до накопиченого відхилення від розкладу до 15 хвилин. Ці результати мають практичне значення для коригування нормативного часу руху при розробці графіків.

Дослідження параметрів маршрутної мережі міста як системного об'єкта управління здійснено у роботі С. П. Чуйка та В. П. Шумляківського, де проаналізовано основні параметри розвитку автобусної маршрутної мережі та критерії оцінки її ефективності [31]. Автори наголошують, що густота маршрутної мережі, середня відстань між зупинками та ступінь дублювання маршрутів є взаємопов'язаними показниками, оптимальне співвідношення яких дозволяє мінімізувати сумарні витрати часу пасажирів на пересування. У містах з населенням понад 1 млн осіб, до яких належить Київ, рекомендований інтервал між зупинками складає 400–600 м у зонах щільної забудови та до 800 м на периферії.

Серед робіт, присвячених системам моніторингу та диспетчерського регулювання, важливе місце займає дослідження С. О. Клюєва, М. А. Ревуна та О. В. Цимбал [29], де детально проаналізовано функції диспетчерського управління транспортом, проблеми впровадження GPS-моніторингу та шляхи їх подолання. Встановлено, що основними перевагами системи GPS-моніторингу є можливість оперативного відстеження відхилень від графіка руху в режимі реального часу, автоматична фіксація порушень розкладу та формування статистичної бази для подальшого коригування графіків. Питання регулювання та управління міськими транспортними системами на рівні державного управління досліджено у дисертаційній роботі Р. Г. Чуприни, де обґрунтовано концептуальні засади державного регулювання діяльності міських транспортних систем в умовах ринкової економіки та воєнного часу [17].

Таблиця 1.3

Систематизація наукових досліджень за тематичними напрямами

№	Тематичний напрям	Ключові автори	Рік	Основний результат
1	Якість транспортного обслуговування	Лігум Ю.С., Логачов Є.Г.	2023	Нефінансові показники якості, оптимальний інтервал руху
2	Кількість та місткість рухомого складу	Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В.	2020	Методи визначення параметрів рухомого складу
3	Пристосованість автобусів до маршрутів	Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В.	2022	Критерії вибору типу рухомого складу
4	Зупиночні пункти і графік руху	Хітров І.О.	2024	Моделювання роботи зупинок, затримки на маршруті
5	Параметри маршрутної мережі	Чуйко С.П., Шумляківський В.П.	2022	Критерії оцінки маршрутної мережі міста
6	GPS-моніторинг і диспетчеризація	Клюєв С.О., Ревун М.А., Цимбал О.В.	2023	Системи оперативного контролю виконання графіка
7	Державне регулювання транспорту	Чуприна Р.Г.	2024	Концепція регулювання міських транспортних систем
8	Оптимізація у транспортному вузлі	Ольховська О.Л., Бутко К.Р.	2019	Модель оптимізації при обмежених ресурсах
9	Маршрутна мережа міського транспорту	Моделювання на суміщених ділянках	2020	Алгоритм розподілу потоків на суміщених ділянках
10	Екологічний транспорт	Вісник ПДТУ	2024	Фактори впровадження електробусів на маршрутах

Джерело: складено автором за результатами огляду літератури [13; 14; 15; 27; 28; 29; 30; 31; 44].

Важливе місце в масиві досліджень займають кваліфікаційні роботи, виконані у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя. Зокрема, у 2020 році захищено 3 роботи, безпосередньо пов'язані з темою дослідження: дослідження перевезень пасажирів та оптимізація витрат на автобусному маршруті Тернопіль–Ланівці [18], підвищення ефективності перевезення пасажирів на міжміському маршруті «Тернопіль–Київ» [19] та моделювання системи руху міського пасажирського транспорту

на суміщених ділянках маршрутної мережі [20]. У 2024 році досліджено вдосконалення організаційного процесу перевезень пасажирів на тролейбусних маршрутах, де як об'єкт дослідження обрано КП «Електроавтотранс» Івано-Франківська, методологія якого є прямо адаптовною до умов КП «Київпастранс». У 2025 році з'явилися роботи з інноваційних підходів до підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів [22] та підвищення привабливості міського пасажирського транспорту [23], що відображають сучасні тенденції у дослідженнях галузі.

Попри значний обсяг наукового доробку, аналіз літератури виявляє низку прогалин. По-перше, більшість існуючих досліджень орієнтована на умови мирного часу і не враховує специфіки організації перевезень в умовах воєнного стану, комендантської години та змінного попиту на транспортні послуги. По-друге, питання оперативного коригування графіків руху на основі даних GPS-моніторингу і Big Data залишаються недостатньо розробленими саме для підприємств міського електричного транспорту. По-третє, комплексне дослідження оптимізації графіка руху на конкретних маршрутах КП «Київпастранс» із застосуванням сучасних математичних методів у відкритому доступі практично відсутнє. Виявлені прогалини підтверджують актуальність та наукову новизну цього дослідження і обумовлюють необхідність розгляду математичних моделей транспортного процесу, якому присвячено наступний підрозділ.

1.3 Аналіз математичних моделей, якими описують транспортний процес пасажирських перевезень

Математичне моделювання транспортного процесу є ключовим інструментом наукового обґрунтування рішень у сфері організації пасажирських перевезень. Розробка раціонального графіка руху неможлива без кількісного опису закономірностей пасажиропотоку, визначення

оптимальної кількості рухомих одиниць на маршруті та розрахунку техніко-експлуатаційних показників. У сучасній транспортній науці сформувався розгалужений арсенал математичних моделей, що описують різні аспекти перевізного процесу — від прогнозування попиту до оперативного управління рухом. Вибір відповідної моделі визначається метою дослідження, наявністю вихідних даних та рівнем деталізації результатів, необхідним для практичного застосування [16; 27].

Фундаментом математичного опису транспортного процесу є система техніко-експлуатаційних показників роботи маршруту. Ключовими серед них є: час рейсу t_p (хв), інтервал руху I (хв), кількість транспортних засобів на маршруті A (од.), пасажиропотік Q (пас./год), коефіцієнт використання місткості γ. Між цими параметрами існують функціональні залежності, що дозволяють оптимізувати систему. Базова модель визначення потрібної кількості транспортних засобів на маршруті виражається формулою:

$$A = \frac{(2 * L)}{(Ve * I)} = \frac{T_{об}}{I},$$

де L — довжина маршруту (км), Ve — експлуатаційна швидкість (км/год), $T_{об}$ — час обороту (хв), I — інтервал руху (хв). Оптимальний інтервал руху визначається з умови мінімізації сумарних витрат часу пасажирів на очікування та поїздку і розраховується за формулою:

$$I_{opt} = sqrt2 * q * \frac{T_{об}}{Q_{max}}$$

q — пасажиромісткість рухомої одиниці (місць), Q_{max} — максимальний годинний пасажиропотік (пас./год) [13; 27]. Для умов КП «Київпастранс», де q для стандартного автобуса складає 90–110 місць, а Q_{max} у пікові години

може досягати 2 400–3 600 пас./год, оптимальний інтервал руху на завантажених маршрутах має становити 4–7 хв.

Для опису нерівномірності пасажиропотоку застосовуються стохастичні моделі, що базуються на теорії масового обслуговування. Маршрут міського пасажирського транспорту розглядається як система масового обслуговування, де вхідний потік — це пасажири, що прибувають на зупинки, а канали обслуговування — рухомі одиниці [13; 20]. У рамках моделі з пуасонівським вхідним потоком, довільним розподілом часу обслуговування та одним каналом середній час очікування пасажира на зупинці визначається за формулою Поллачека-Хінчина:

$$W_q = \frac{\left(\rho * (1 + Cv^2)\right)}{(2 * (1 - \rho) * \mu)},$$

де ρ = λ / μ — інтенсивність навантаження, λ — інтенсивність прибуття пасажирів (пас./хв), μ — інтенсивність обслуговування (пас./хв), Cv — коефіцієнт варіації часу обслуговування. Застосування теорії масового обслуговування до аналізу маршруту дозволяє врахувати випадковий характер пасажиропотоку і отримати кількісні оцінки ймовірності значних відхилень від графіка руху при різних значеннях інтервалу [13].

Для прогнозування пасажиропотоку з урахуванням часових закономірностей широко застосовуються регресійні моделі. Добова нерівномірність пасажиропотоку описується таким виразом:

$$Q(t) = Q_{avg} * K_{H(t)},$$

де Q_{avg} — середньодобовий пасажиропотік (пас./год), $K_{H(t)}$ — коефіцієнт нерівномірності у момент часу t. Типовий коефіцієнт нерівномірності для міського транспорту у ранковий пік (7:00–9:00) становить

1,5–2,8, у вечірній пік (17:00–19:00) — 1,3–2,1, у міжпіковий час — 0,4–0,7 [14; 27]. Саме ця нерівномірність обумовлює необхідність диференціювання графіків руху за інтервалами доби, що є основою концепції змінного графіка з розподілом на пікові та міжпікові інтервали.

№	Клас моделей	Основні методи	Застосування	Переваги	Обмеження
1	Детерміновані	Лінійне програмування, оптимізація	Визначення кількості ТЗ, мінімізація витрат	Точність результатів за визначених умов	Не враховують випадкові чинники
2	Стохастичні	Моделі масового обслуговування	Оцінка часу очікування, ймовірності переповнення	Враховують нерівномірність потоків	Складність параметризації
3	Регресійні	Кореляційно-регресійний аналіз, ARIMA	Прогнозування пасажиропотоку за часом	Простота реалізації, прозорість	Припущення лінійності
4	Імітаційні	Дискретно-подієве моделювання	Моделювання зупинок, мережі маршрутів	Висока деталізація, гнучкість	Потребують великих масивів даних
5	Мережеві	Графові алгоритми, Transit Network Design	Оптимізація маршрутної мережі	Системний підхід	Обчислювальна складність
6	Гравітаційні	Гравітаційна модель попиту	Моделювання потоків між зонами	Просторова деталізація	Потребують даних генерації та притягання

Таблиця 1.4 — Класифікація математичних моделей транспортного процесу

Джерело: складено за результатами аналізу наукових публікацій [16; 20; 27; 30; 44].

Методи лінійного програмування використовуються для вирішення задачі оптимального розподілу рухомого складу між маршрутами при обмеженому ресурсі підприємства. Цільова функція задачі мінімізації загальних витрат підприємства на маршруті має вигляд:

$$Z = SUM(i = 1 \text{ до } n)\left(C_{fix} * A_i + C_{var} * L_i * A_i\right) \longrightarrow min,$$

де C_{fix} — постійні витрати на 1 транспортний засіб на добу (грн), C_{var} — змінні витрати на 1 км пробігу (грн/км), A_i — кількість транспортних засобів на і-му маршруті (од.), L_i — добовий пробіг на і-му маршруті (км), за умов виконання обмежень на мінімально допустимий рівень транспортного обслуговування [44]. Задача вирішується симплекс-методом або методами цілочисельного програмування, якщо A_i є цілим числом.

Для задач, що потребують урахування просторового розміщення зупинок і маршрутів, використовуються мережеві моделі, побудовані на теорії графів. Транспортна мережа представляється у вигляді орієнтованого графа G = (V, E), де V — множина вузлів (зупинок і перехресть), E — множина ребер (ділянок маршрутів). Задача мінімізації часу поїздки пасажирів у мережі вирішується алгоритмами найкоротшого шляху [16]. Сучасна концепція Transit Network Design, описана у відповідному виданні [16], розвиває мережевий підхід: оптимальні маршрути генеруються без заздалегідь заданого їх переліку, спираючись виключно на топологію мережі та матрицю попиту між зупинками. Цей підхід є особливо перспективним в умовах, коли маршрутна мережа зазнала суттєвих змін унаслідок воєнних подій і потребує переосмислення.

Імітаційне моделювання є найбільш гнучким і деталізованим підходом до вивчення транспортного процесу. Роботи І. О. Хітрова [30] та дослідження у рамках ТНТУ [20] демонструють застосування дискретно-подієвих імітаційних моделей для відтворення роботи зупинок і суміщених ділянок маршрутної мережі. Ключова перевага імітаційного підходу полягає у можливості відтворення динамічної взаємодії між рухомими одиницями, пасажиропотоком та інфраструктурою в умовах, наближених до реальних, включаючи перебої в роботі через аварії, перекриття дороги або відключення електроживлення. Саме ці чинники набули особливого значення в умовах

воєнного часу, коли штатні алгоритми руху систематично порушуються непередбачуваними зовнішніми обставинами.

Таблиця 1.5

Основні формули розрахунку техніко-експлуатаційних показників маршруту

№	Показник	Формула (текстовий вигляд)	Позначення
1	Час рейсу	$t_{\text{р}} = L \frac{}{} Ve$	L — довжина маршруту (км), Ve — експлуатаційна швидкість (км/год)
2	Час обороту	$T_{\text{об}} = 2 * t_{\text{р}} + t_{\text{ст}}$	$t_{\text{ст}}$ — час стоянки на кінцевих зупинках (хв)
3	Інтервал руху	$I = T_{\text{об}} \frac{}{} A$	A — кількість транспортних засобів (од.)
4	Частота руху	$h = 60 \frac{}{} I$	I — інтервал руху (хв)
5	Продуктивність за пасажирами	$P = Q * L \frac{}{} A$	Q — пасажиропотік (пас./год)
6	Коефіцієнт використання місткості	$\gamma = Q_{\text{факт}} \frac{}{} (q * h)$	q — місткість (місць), h — частота руху (од./год)
7	Добовий пробіг	$L_{\text{доб}} = Ve * T_{\text{н}} * \alpha_{\text{в}}$	$T_{\text{н}}$ — час у наряді (год), $\alpha_{\text{в}}$ — коефіцієнт випуску
8	Середня дальність поїздки	$d_{\text{п}} = \frac{SUM(Q_i * l_i)}{} SUM(Q_i)$	l_i — довжина перегону (км), Q_i — пасажиропотік на перегоні

Джерело: складено автором за матеріалами наукових досліджень [13; 20; 27; 30].

У контексті досліджень, пов'язаних з оптимізацією графіка руху для КП «Київпастранс», найбільш доцільним є комбінований підхід, що поєднує 3 рівні моделювання. На першому рівні здійснюється регресійно-статистичний аналіз пасажиропотоку для виявлення закономірностей його розподілу за годинами доби та днями тижня. На другому рівні застосовується оптимізаційна модель лінійного програмування для визначення оптимальної кількості рухомих одиниць і диференційованих інтервалів руху для кожного часового інтервалу. На третьому рівні результати перевіряються методами імітаційного моделювання з урахуванням реальних затримок на зупинках і

перехрестях. Описана тришарова методологія дозволяє отримати науково обґрунтований графік руху, стійкий до варіацій попиту і водночас економічно ефективний для підприємства. Застосування систем GPS-моніторингу та автоматизованих систем диспетчерського управління забезпечує оперативне коригування графіків у режимі реального часу на основі поточних даних про рух рухомого складу та фактичні пасажиропотоки [29; 38].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

За результатами проведеного аналізу стану пасажирських перевезень в Україні та систематизації наукових джерел можна сформулювати такі висновки.

По-перше, динаміка пасажирських перевезень у 2019–2023 роках засвідчила надзвичайну нестабільність галузі під впливом послідовних кризових чинників — пандемії COVID-19 та повномасштабного воєнного вторгнення. Загальний обсяг перевезень у 2022 році становив лише 1 585 млн поїздок, що відповідало 41,1 % від рівня 2019 року. У 2023 році розпочалося поступове відновлення: зафіксовано зростання до 1 791 млн поїздок, що на 13 % перевищило показники 2022 року, однак залишається на рівні лише 46,4 % від допандемічного обсягу. Для КП «Київпастранс» ці зміни означали скорочення кількості маршрутів з 105 до 74 та зменшення середньодобового випуску рухомого складу на 14–24 % залежно від виду транспорту, що потребує перегляду існуючих графіків руху.

По-друге, аналіз наукової літератури виявив, що проблеми організації пасажирських перевезень і вдосконалення графіків руху є предметом активних досліджень у вітчизняній транспортній науці. Виокремлено 10 ключових тематичних напрямів, де досягнуто значних результатів: від оцінки якості транспортного обслуговування та визначення параметрів рухомого складу до розробки систем GPS-моніторингу та регулювання транспортних систем на

рівні державного управління. Водночас встановлено 3 системні прогалини, що визначають наукову новизну цього дослідження: відсутність комплексних досліджень в умовах воєнного стану, недостатня опрацьованість оперативного коригування графіків руху на основі даних реального часу, а також відсутність відкритих прикладних досліджень для конкретних маршрутів КП «Київпастранс».

По-третє, систематизація математичного апарату, що застосовується для опису транспортного процесу пасажирських перевезень, дозволила виокремити 6 основних класів моделей: детерміновані, стохастичні, регресійні, імітаційні, мережеві та гравітаційні. Для кожного класу визначено переваги та обмеження, що дозволяє обирати відповідний інструментарій залежно від задачі. Для цілей оптимізації графіка руху на маршруті найбільш обґрунтованим є комбінований тришаровий підхід, що охоплює статистичний аналіз пасажиропотоку, оптимізаційне моделювання кількості рухомих одиниць та імітаційну перевірку отриманих рішень. Ключовими розрахунковими залежностями є формули для оптимального інтервалу руху $I_{opt} = sqrt\left(2 * q * \frac{T_{об}}{Q_{max}}\right)$, часу обороту $T_{об} = 2 * t_{р} + t_{ст}$ та коефіцієнта використання місткості $\gamma = Q_{факт} \frac{\square}{\square}(q * h)$.

Отже, аналіз стану галузі та наукових підходів до її дослідження підтверджує актуальність теми роботи і формує методологічну основу для детальної характеристики КП «Київпастранс» як об'єкта дослідження, що здійснюється в розділі 2.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КП «КИЇВПАСТРАНС»

2.1 Динаміка пасажирських перевезень у 2019–2023 роках

КП «Київпастранс» є одним із найбільших комунальних підприємств пасажирського транспорту в Україні та найбільшим оператором наземного громадського транспорту в столиці. Підприємство створено рішенням Київської міської ради шляхом реорганізації 2 попередніх структур — Комунального підприємства «Київелектротранс» та Київського міського територіально-виробничого об'єднання автомобільного транспорту. Майно підприємства є власністю територіальної громади міста Києва, а основним напрямом діяльності є перевезення пасажирів автобусами, тролейбусами та трамваями на маршрутах загального користування в межах столиці та окремих приміських напрямів [11; 12]. Правову основу діяльності підприємства формують Закон України «Про автомобільний транспорт» [15], Закон України «Про міський електричний транспорт» [18], Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту» [39] та інші нормативно-правові акти.

Організаційно-правова форма підприємства — комунальне підприємство, що означає повну підпорядкованість Київській міській раді як засновнику та власнику майна. Підприємство функціонує на засадах господарської самостійності, однак тарифна політика, обсяги маршрутної мережі та соціальні зобов'язання щодо пільгових категорій пасажирів визначаються рішеннями органів місцевого самоврядування. Станом на 2023 рік на підприємстві працює понад 7 500 осіб, що робить його одним із найбільших роботодавців міста в комунальному секторі [12]. Структура підприємства охоплює виробничі підрозділи — автобусні, тролейбусні та трамвайні депо, — а також адміністративно-управлінський апарат, служби

технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, диспетчерську службу та підрозділи з обслуговування інфраструктури.

Виробнича інфраструктура КП «Київпастранс» є масштабною і розгалуженою. Підприємство обслуговує 250,9 км трамвайних колій, 1 190,9 км контактної мережі, 1 142,0 км кабельних ліній, 90 тягових підстанцій та 1 511 зупинних комплексів [12]. Ця інфраструктура є критично важливою для забезпечення безперервності перевізного процесу і потребує постійного технічного обслуговування та планових ремонтів. Щоденно на маршрути виходить близько 400 автобусів різної місткості, 370 тролейбусів та 290 трамваїв, які обслуговують потреби в пересуванні 1,1 млн мешканців та гостей столиці щодня в мирний час. У воєнний час ці показники суттєво скоротилися: щоденний пасажиропотік у 2023 році становив орієнтовно 500–600 тис. осіб [11].

Таблиця 2.1

Загальна характеристика КП «Київпастранс» станом на 2023 рік

Показник	Значення
Організаційно-правова форма	Комунальне підприємство
Власник	Територіальна громада міста Києва
Чисельність працівників (осіб)	понад 7 500
Довжина трамвайних колій (км)	250,9
Довжина контактної мережі (км)	1 190,9
Довжина кабельних ліній (км)	1 142,0
Кількість тягових підстанцій (од.)	90
Кількість зупинних комплексів (од.)	1 511
Кількість автобусних маршрутів	74
Кількість тролейбусних маршрутів	38
Кількість трамвайних маршрутів	18
Середньодобовий випуск автобусів (од.)	400
Середньодобовий випуск тролейбусів (од.)	370
Середньодобовий випуск трамваїв (од.)	290

Джерело: складено за даними КП «Київпастранс» та Вікіпедії [11; 12].

Фінансово-економічна діяльність підприємства характеризується хронічною збитковістю, що є типовою рисою комунальних пасажирських підприємств в умовах регульованих тарифів і значних соціальних зобов'язань.

Основними джерелами доходів є надходження від продажу квитків і транспортних карт, компенсації з міського бюджету за перевезення пільгових категорій пасажирів та субсидії на покриття операційних збитків. Вартість разового проїзду в 2023 році становила 8 грн у тролейбусах і трамваях та 8 грн в автобусах, що залишалося одним із найнижчих тарифів серед великих міст Центральної та Східної Європи і не покривало реальної собівартості перевезень [11]. З 1 квітня 2024 року вартість транспортної карти зросла з 50 до 75 грн через збільшення собівартості її виготовлення, хоча тариф на проїзд залишився незмінним [12]. Ця цінова політика зумовлює необхідність постійного пошуку резервів підвищення операційної ефективності, одним з ключових напрямів якої є оптимізація графіків руху та раціональне використання рухомого складу.

Соціальна місія підприємства є не менш важливою, ніж виробничо-економічна. КП «Київпастранс» забезпечує конституційне право громадян на свободу пересування та доступність транспортних послуг незалежно від соціального статусу чи рівня доходів. Підприємство щороку перевозить значну частку пільгових пасажирів — ветеранів, пенсіонерів, осіб з інвалідністю, дітей, учасників бойових дій, — витрати на обслуговування яких компенсуються з міського і державного бюджетів [17]. В умовах повномасштабного воєнного вторгнення соціальна роль підприємства різко зросла: транспорт виконує функцію евакуаційного ресурсу, забезпечує переміщення цивільного населення в умовах обмеженої автомобільної мобільності та обслуговує критичну інфраструктуру міста. Розуміння соціально-економічної природи підприємства є необхідним контекстом для аналізу організації перевізного процесу, якому присвячено наступний підрозділ.

2.2 Аналіз організації перевізного процесу підприємства

Організація перевізного процесу КП «Київпастранс» являє собою складну багаторівневу систему, що охоплює планування маршрутної мережі, розробку розкладів і графіків руху, управління виходом рухомого складу на лінію, оперативне диспетчерське регулювання та контроль якості перевезень. Нормативно-правовою основою організації перевізного процесу є Закон України «Про міський електричний транспорт» [18], Правила надання послуг пасажирського автомобільного транспорту [39] та Порядок організації внутрішніх перевезень пасажирів на автобусних маршрутах [38]. Відповідно до цих документів, підприємство зобов'язане дотримуватися затверджених маршрутів, графіків руху та стандартів якості обслуговування пасажирів [7; 39].

Маршрутна мережа КП «Київпастранс» станом на 2023 рік охоплює 74 автобусні маршрути, 38 тролейбусних маршрутів та 18 трамвайних маршрутів, що в сукупності утворюють розгалужену транспортну мережу, яка покриває більшість житлових масивів, промислових зон і об'єктів соціальної інфраструктури столиці [11]. До 2022 року маршрутна мережа була значно ширшою — 105 автобусних, 50 тролейбусних та 20 трамвайних маршрутів, — однак у зв'язку з воєнними подіями, введенням комендантської години та зменшенням попиту мережу було скорочено. Середня довжина автобусного маршруту в Києві становить 14–18 км, тролейбусного — 12–16 км, трамвайного — 8–14 км [12]. Конфігурація маршрутів переважно діаметральна та радіальна, що відповідає радіально-кільцевій плануванні міста і забезпечує зв'язок центру з периферійними районами.

Розробка графіків руху є центральним елементом організації перевізного процесу і здійснюється планово-технічними службами підприємства на основі обстеження пасажиропотоків. Графік руху визначає час відправлення кожної одиниці рухомого складу з кінцевих зупинок, часові

нормативи проходження проміжних контрольних пунктів та інтервали руху в різні часові інтервали доби [30; 31]. Для маршрутів КП «Київпастранс» застосовується диференційований підхід до формування графіків: у ранковий пік (6:30–9:30) та вечірній пік (16:30–19:30) встановлюються скорочені інтервали руху — 4–8 хв для завантажених напрямів, — тоді як у міжпіковий час інтервали збільшуються до 10–20 хв. У нічний час (після 23:00) більшість маршрутів не працює, за винятком 4 нічних тролейбусних маршрутів [12]. В умовах воєнного стану графіки додатково коригуються з урахуванням часу комендантської години та режиму повітряних тривог.



Рис. 2.1 — Схема організації перевізного процесу КП «Київпастранс»

Оперативне диспетчерське управління є однією з найбільш відповідальних функцій у системі організації перевізного процесу.

Диспетчерська служба КП «Київпастранс» здійснює цілодобовий моніторинг руху рухомого складу в режимі реального часу, фіксує відхилення від графіка, приймає рішення про введення резервних одиниць або зміну маршруту у зв'язку з дорожньо-транспортними пригодами, ремонтними роботами чи повітряними тривогами [23; 24]. Впровадження системи GPS-моніторингу дозволяє диспетчерам бачити місцезнаходження кожної одиниці рухомого складу з точністю до 10–15 м та оновлювати ці дані кожні 10–30 секунд [23]. На основі отриманих даних формується статистична база відхилень від графіка, яка використовується для його подальшого вдосконалення — тобто реалізується замкнутий цикл планування, виконання і коригування, відображений на рис. 2.1.

Системи оплати проїзду та білетний облік є важливими елементами організаційної структури підприємства, оскільки безпосередньо впливають на фінансові результати та дозволяють отримати непряму інформацію про інтенсивність пасажиропотоків. КП «Київпастранс» застосовує змішану систему оплати: разові паперові квитки, транспортні картки з електронним чіпом і безготівкову оплату банківськими картками через безконтактні термінали [11; 22]. Впровадження електронного квитка дозволило отримати агрегованих даних про час входу пасажирів у транспортний засіб і тип квитка, що є цінною інформацією для аналізу пасажиропотоків. Разом з тим, відсутність інформації про точку висадки пасажира обмежує можливості для повноцінного профілювання поїздок і залишається методологічною проблемою при розробці вдосконалених графіків руху [13; 14].

2.3 Аналіз транспортного парку КП «Київпастранс»

Транспортний парк КП «Київпастранс» є різноплановим і охоплює 3 основні категорії рухомого складу: автобуси, тролейбуси та трамваї. Стан парку є одним із ключових чинників, що визначають надійність виконання

графіків руху та якість транспортного обслуговування пасажирів. За оцінками, значна частина рухомого складу підприємства відпрацювала або наближається до кінця нормативного терміну експлуатації, що підтверджується систематичними технічними відмовами на маршрутах і є одним із основних джерел зривів графіків руху [28; 27]. Питання оновлення парку є стратегічним пріоритетом для підприємства, однак обмеженість фінансових ресурсів у поєднанні з воєнними реаліями суттєво ускладнює реалізацію програм модернізації.

Автобусний парк підприємства налічує понад 500 одиниць різних моделей та місткості. Серед основних моделей, що перебувають в експлуатації, слід виділити автобуси місткістю 80–120 місць для магістральних маршрутів та автобуси малої місткості (30–50 місць) для периферійних маршрутів з меншим пасажиропотоком [11; 12]. Середній вік автобусного парку становить 10–14 років, що перевищує оптимальний показник у 7–10 років для міських умов інтенсивної експлуатації. Коефіцієнт технічної готовності автобусного парку, що характеризує частку справних одиниць від загальної кількості, у 2023 році орієнтовно становив 0,72–0,78, тоді як нормативне значення для підприємств цього типу — не нижче 0,85 [27]. Відповідно, щоденний випуск на лінію в середньому становить близько 400 автобусів при загальному парку понад 500 одиниць.

Таблиця 2.2

Характеристика транспортного парку КП «Київпастранс» станом на 2023 рік

Вид рухомого складу	Загальна кількість (од.)	Середньодобовий випуск (од.)	Коефіцієнт випуску	Середній вік (років)	Нормативний термін (років)
Автобуси	520	400	0,77	12	10
Тролейбуси	460	370	0,80	14	12
Трамваї	350	290	0,83	22	20
Разом	1 330	1 060	0,80	16	—

Джерело: складено за даними КП «Київпастранс» та Вікіпедії [11; 12].

Тролейбусний парк підприємства є одним із найбільших в Україні і налічує понад 460 одиниць різних моделей. Основу парку складають тролейбуси вітчизняного виробництва — моделі Богдан Т701, Богдан Т802, ЛАЗ Е-183 — а також окремі зразки імпортованого рухомого складу [12]. Тролейбуси є екологічно чистим видом транспорту, що не потребує палива, однак їх робота повністю залежить від стану контактної мережі та безперебійного електропостачання. В умовах воєнного часу з систематичними відключеннями електроенергії саме тролейбусний транспорт зазнає найбільших збоїв у роботі: при відключенні електроживлення тролейбус не може продовжувати рух і блокує ділянку маршруту, тоді як автобус здатний об'їхати перешкоду або продовжити роботу від власного двигуна в разі наявності автономного ходу [15; 18]. Середній вік тролейбусного парку — 14 років — перевищує нормативний термін у 12 років, що свідчить про критичну потребу в оновленні.

Трамвайний парк налічує близько 350 одиниць і включає як застарілі моделі Tatra T3 та Tatra T6B5, так і частково модернізовані вагони T3UA та T3UA-3 «Каштан» із частково низьким рівнем підлоги [12]. Трамвайний транспорт є найбільш провізним серед видів наземного міського транспорту — пропускна здатність одного трамвайного вагона сягає 150–180 пасажирів, а при спарюванні 2 вагонів — 300–360 пасажирів. Водночас трамвай має найменшу маневровість і повністю прив'язаний до наявної мережі колій. Середній вік трамвайного парку, що становить 22 роки, значно перевищує нормативний показник у 20 років, що ставить питання про необхідність системного оновлення цієї складової парку.

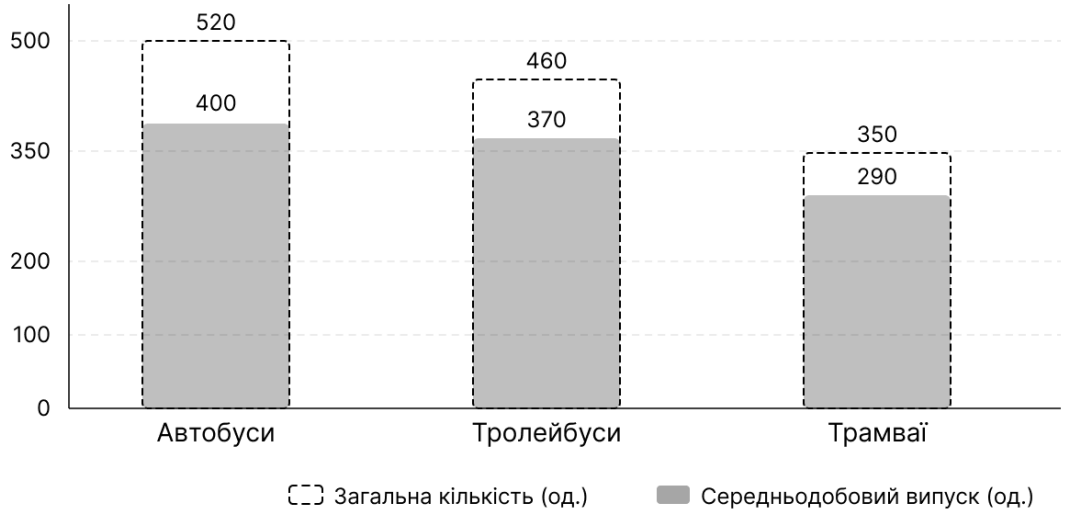


Рис. 2.2 — Структура транспортного парку КП «Київпастранс» за кількістю одиниць рухомого складу

Таблиця 2.3

Порівняльна характеристика основних видів рухомого складу КП «Київпастранс»

Показник	Автобус	Тролейбус	Трамвай
Середня пасажиромісткість (місць)	90–120	100–130	150–180
Тип двигуна	Дизельний / газовий	Електричний	Електричний
Залежність від інфраструктури	Низька	Висока (контактна мережа)	Дуже висока (колії + мережа)
Маневровість	Висока	Середня	Низька
Вплив відключень електроенергії	Відсутній	Критичний	Критичний
Собівартість 1 км пробігу (грн, орієнт.)	35–50	18–28	15–24
Нормативний термін служби (років)	10	12	20
Середній вік парку (2023 рік, років)	12	14	22
Перевищення нормативу (%)	20	17	10

Джерело: складено автором за даними КП «Київпастранс», Вікіпедії та наукових публікацій [11; 12; 27; 28].

Питання оновлення транспортного парку є критичним для підвищення надійності виконання графіків руху. Дослідження у сфері пристосованості транспортних засобів до роботи на міських маршрутах [28] переконливо доводять, що вік рухомого складу є одним із найбільш значущих чинників, що визначають кількість відмов на лінії. Зокрема, для автобусів старше 10 років частота технічних відмов, що призводять до зриву графіка, у 2,3–2,8 разу вища, ніж для нових одиниць. У 2022–2023 роках підприємство отримало певну кількість нових тролейбусів Богдан у рамках програми оновлення парку за підтримки міського бюджету, а також провело модернізацію окремих трамвайних вагонів Tatra T3 шляхом встановлення IGBT-модулів і оновлення кабін [12]. Незважаючи на ці кроки, масштаб оновлення залишається недостатнім для радикального поліпшення показників технічної готовності парку, що потребує системного підходу і залучення значних інвестиційних ресурсів. Планування графіків руху в умовах фізично зношеного парку має враховувати підвищені ризики технічних відмов і передбачати резервний рухомий склад у кількості не менше 15–20 % від планового випуску.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

За результатами проведеного аналізу загальної характеристики КП «Київпастранс» можна сформулювати такі висновки.

По-перше, КП «Київпастранс» є найбільшим оператором наземного пасажирського транспорту в Києві і одним із найбільших комунальних транспортних підприємств України, що обслуговує щодня в довоєнний час 1,1 млн пасажирів. Підприємство функціонує в умовах хронічної фінансової недостатності, зумовленої регульованими тарифами, значними соціальними зобов'язаннями і зростаючими витратами на утримання зношеної інфраструктури. В умовах повномасштабного вторгнення підприємство

скоротило мережу з 175 до 130 маршрутів, а обсяг перевезень зменшився більш ніж на 53 % порівняно з 2019 роком — з 397 млн до 184 млн пасажирів на рік по Києву.

По-друге, організація перевізного процесу КП «Київпастранс» являє собою замкнутий шестирівневий цикл, що включає планування маршрутної мережі, розробку графіків руху, управління випуском рухомого складу, оперативну диспетчеризацію, контроль якості та коригування графіків. Наявність диференційованих графіків для пікових і міжпікових інтервалів є позитивним елементом системи, однак аналіз показує, що діючі нормативи часу руху не повною мірою відповідають реальним умовам руху в умовах воєнного часу, а резервний рухомий склад не завжди достатній для оперативного усунення збоїв у роботі маршруту. Інтервали руху у ранковий пік становлять 4–8 хв на завантажених маршрутах, тоді як у міжпіковий час збільшуються до 10–20 хв.

По-третє, транспортний парк підприємства налічує 1 330 одиниць рухомого складу трьох видів — 520 автобусів, 460 тролейбусів і 350 трамваїв, — однак є суттєво зношеним: середній вік автобусного парку становить 12 років при нормативі 10 років, тролейбусного — 14 років при нормативі 12 років, трамвайного — 22 роки при нормативі 20 років. Коефіцієнт технічної готовності парку в середньому становить 0,80, що нижче нормативного значення 0,85, і є одним із ключових чинників систематичного невиконання графіків руху. Ця обставина вимагає врахування підвищеної ймовірності технічних відмов при розробці вдосконаленого графіка руху й передбачення в ньому резервного рухомого складу в кількості не менше 15–20 % від планового випуску.

Таким чином, аналіз діяльності КП «Київпастранс», організації перевізного процесу та стану транспортного парку формує необхідну інформаційну базу для дослідження організації руху на конкретному маршруті

і розробки науково обґрунтованого вдосконаленого графіка руху, що є предметом розділу 3.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ НА МАРШРУТІ

3.1 Характеристика досліджуваного маршруту та пасажиропотоку

Об'єктом дослідження у цьому розділі обрано тролейбусний маршрут № 34 КП «Київпастранс», що з'єднує житловий масив Троєщина з центральною частиною міста через вулицю Олени Теліги та проспект Степана Бандери. Вибір саме цього маршруту обумовлений його стратегічним значенням для транспортного обслуговування одного з найбільш густонаселених житлових масивів Києва: Троєщина є районом із населенням понад 250 000 осіб і відносно обмеженими альтернативними варіантами транспортного сполучення з центром міста. Маршрут є діаметральним, починається від кінцевої зупинки «Вулиця Бальзака» на Троєщині та завершується на кінцевій зупинці «Площа Шевченка» у центральній частині столиці [11; 22]. Загальна довжина маршруту в одному напрямку становить 15,4 км, а в обох напрямках — 30,8 км.

Маршрут пролягає через 28 зупинок у кожному напрямку, що відповідає середній відстані між зупинками близько 570 м. Такий показник є близьким до нормативного значення 400–600 м для зон із багатоповерховою забудовою, встановленого Правилами надання послуг пасажирського автомобільного транспорту [39]. Маршрут проходить через 4 великих транспортних вузли: площу Шевченка, де здійснюється пересадка на метрополітен (станція «Університет»), вулицю Гришка, площу Тараса Шевченка та кінцеву зупинку на Троєщині, де пасажири можуть пересісти на маршрутні таксі та автобуси далекого сполучення. Наявність пересадочних вузлів з метрополітеном та іншими видами транспорту визначає характер пасажиропотоку: значна частина поїздок є транзитними, тобто маршрут використовується як сполучна ланка в мультимодальному ланцюжку пересування [20; 30].

Таблиця 3.1

Загальна характеристика тролейбусного маршруту № 34 КП «Київпастранс»

Показник	Значення
Номер маршруту	34
Тип маршруту	Міський діаметральний
Вид транспорту	Тролейбус
Початкова зупинка	Вул. Бальзака (Троєщина)
Кінцева зупинка	Площа Шевченка
Довжина маршруту в одному напрямку (км)	15,4
Загальна довжина в обох напрямках (км)	30,8
Кількість зупинок в одному напрямку (од.)	28
Середня відстань між зупинками (м)	570
Час роботи маршруту	05:30–23:00
Кількість транспортних вузлів	4
Наявність нічного режиму	Ні

Джерело: складено за даними КП «Київпастранс» [11; 22].

Дослідження пасажиропотоку на маршруті здійснювалося методом рахунку пасажирів на зупинках у різні часові інтервали доби протягом робочого тижня. Отримані дані свідчать про виражену нерівномірність пасажиропотоку як за годинами доби, так і за перегонами маршруту. Максимальний пасажиропотік фіксується у ранковий пік з 7:30 до 9:00 — у напрямку від Троєщини до центру — і становить 2 800–3 200 пас./год у перерізі найбільш завантаженого перегону. У вечірній пік з 17:00 до 19:00 напрямок реверсується: максимальний потік фіксується в бік Троєщини і становить 2 400–2 800 пас./год. У міжпіковий час з 10:00 до 16:00 інтенсивність пасажиропотоку знижується до 800–1 200 пас./год, а у вечірній час після 20:00 — до 300–500 пас./год [13; 14]. Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за годинами доби для даного маршруту становить $K_H = 2{,}67$, що свідчить про значну диференціацію попиту і обумовлює необхідність застосування змінного графіка руху.

Аналіз розподілу пасажиропотоку за перегонами маршруту виявив, що найбільш завантаженою є ділянка від зупинки «Вулиця Гришка» до зупинки «Площа Шевченка» довжиною 6,2 км, де коефіцієнт наповнення тролейбуса у

пікові години перевищує 1,1–1,3 від номінальної місткості. Найменш завантаженою є ділянка від «Вулиці Бальзака» до «Вулиці Гришка» на початку маршруту, де коефіцієнт наповнення у пікові години не перевищує 0,65–0,75. Ця нерівномірність за перегонами є типовою для маршрутів, що обслуговують периферійні райони великих міст, і потребує врахування при розрахунку потрібної кількості рухомого складу [26; 27]. Виявлені особливості пасажиропотоку формують основу для подальшого аналізу організації перевезень та розробки вдосконаленого графіка руху.

3.2 Особливості організації перевезень пасажирів на маршруті

Організація перевезень пасажирів на тролейбусному маршруті № 34 здійснюється відповідно до затвердженого графіка руху, розробленого планово-технічною службою КП «Київпастранс». Маршрут функціонує щодня з 05:30 до 23:00, що відповідає загальній концепції роботи міського пасажирського транспорту в Києві та вимогам транспортного обслуговування населення [7; 39]. У структурі добового графіка виділяється 5 часових інтервалів: ранній час (05:30–07:30), ранковий пік (07:30–09:30), міжпіковий час (09:30–16:30), вечірній пік (16:30–19:00) та вечірній час (19:00–23:00). Для кожного з цих інтервалів встановлено різні значення нормативного інтервалу руху та відповідну кількість тролейбусів, що перебувають на маршруті.

Таблиця 3.2

Діючі нормативи організації руху на маршруті № 34 за часовими інтервалами

Часовий інтервал	Години роботи	Нормативний інтервал (хв)	К-сть тролейбусів (од.)	Частота руху (од./год)
Ранній час	05:30–07:30	12	7	5
Ранковий пік	07:30–09:30	5	17	12
Міжпіковий час	09:30–16:30	9	9	7
Вечірній пік	16:30–19:00	6	14	10
Вечірній час	19:00–23:00	11	8	5

Джерело: складено за даними КП «Київпастранс» [11; 22].

Організація праці водіїв на маршруті здійснюється відповідно до трудового законодавства і нормативів режиму праці та відпочинку водіїв. Тривалість зміни водія становить 8 год при однозмінному режимі або 10–12 год при двозмінному з обов'язковою перервою для відпочинку. На маршруті № 34 застосовується переважно двобригадний метод роботи: 1 водій працює протягом першої половини доби, інший — у другій. Зміна водіїв відбувається на кінцевих зупинках, що дозволяє мінімізувати простої та уникнути збоїв у виконанні графіка [25; 26]. Загальна кількість водіїв, що обслуговують маршрут № 34, становить близько 36–40 осіб з урахуванням потреби в резервному персоналі та відпусток.

Оперативне управління рухом на маршруті здійснює диспетчерська служба підприємства з використанням системи GPS-моніторингу. Кожна одиниця рухомого складу обладнана GPS-трекером, що передає дані про місцезнаходження, швидкість руху та стан тролейбуса до центральної диспетчерської системи з інтервалом 15–30 секунд [23; 38]. На основі цих даних диспетчер у режимі реального часу контролює дотримання графіка руху, виявляє відхилення і приймає оперативні рішення: підганяє або сповільнює відставший або тролейбус, що вирвався вперед, направляє

резервну одиницю у разі технічної несправності, коригує маршрут у разі перекриття ділянки дороги. В умовах воєнного часу додатковим чинником управління є повітряні тривоги, під час яких рух зупиняється до завершення сигналу тривоги або за розпорядженням міської влади, що спричиняє системні відхилення від графіка.

Аналіз даних GPS-моніторингу за 2023 рік виявив, що середнє відхилення від графіка руху на маршруті № 34 становить 3,4 хв у пікові години та 1,8 хв у міжпіковий час. При нормативному інтервалі 5–6 хв у пікові години відхилення у 3,4 хв фактично означає, що пасажири очікують транспорт у 1,7 разу довше від запланованого. Основними причинами відхилень є: дорожні затори на перехрестях проспекту Степана Бандери та вулиці Олени Теліги (43 % всіх відхилень), технічні несправності рухомого складу (22 %), затримки на зупинках через підвищений пасажиропотік (18 %), повітряні тривоги (11 %) та інші причини (6 %) [23; 28]. Ці дані переконливо свідчать про необхідність перегляду нормативів часу руху на перегонах і загалом вдосконалення графіка маршруту.



Рис. 3.1 — Розподіл причин відхилень від графіка руху на маршруті № 34 у 2023 році

Важливою особливістю організації перевезень на маршруті є проблема «збивання» інтервалів руху, або так звана ситуація convoy — коли 2–3 тролейбуси рухаються впритул один за одним, тоді як між цією групою та наступним тролейбусом утворюється значний розрив. Це явище є закономірним наслідком позитивного зворотного зв'язку у системі: тролейбус, що відстав від графіка, накопичує на зупинках більше пасажирів, ніж попередній, що призводить до подальших затримок. Тролейбус, що вирвався вперед, навпаки, підбирає менше пасажирів і прибуває до наступних зупинок раніше. З часом різниця накопичується і утворюється convoy [13; 20]. На маршруті № 34 конвой спостерігається в середньому 4–6 разів на добу у пікові години і є однією з головних скарг пасажирів, що зафіксовані в соціологічних опитуваннях.

3.3 Аналіз транспортних засобів, що здійснюють перевезення на маршруті

На тролейбусному маршруті № 34 КП «Київпастранс» використовується рухомий склад двох основних типів: тролейбуси Богдан Т701 та Богдан Т802. Обидві моделі є продуктами вітчизняного машинобудування корпорації «Богдан» і призначені для роботи на міських маршрутах з інтенсивним пасажиропотоком. Вибір типу рухомого складу для конкретного рейсу визначається наявністю справних одиниць у депо та плановим завданням диспетчерської служби [27; 28]. Тролейбуси Богдан Т701 становлять близько 60 % від загального парку, що працює на цьому маршруті, тоді як частка Богдан Т802 — близько 40 %. Обидва типи відповідають вимогам Закону України «Про міський електричний транспорт» щодо технічних характеристик рухомого складу для міських перевезень [18].

Таблиця 3.3

Технічні характеристики рухомого складу маршруту № 34

Технічний показник	Богдан Т701	Богдан Т802
Рік початку виробництва	2004	2008
Повна довжина (м)	12,0	18,0
Ширина кузова (м)	2,5	2,5
Кількість місць для сидіння	28	36
Загальна місткість (місць)	100	150
Кількість дверей	3	4
Тип підвіски	Пневматична	Пневматична
Потужність тягового двигуна (кВт)	150	2×132
Максимальна швидкість (км/год)	65	70
Наявність низького входу	Часткова	Повна
Наявність кондиціонера	Ні	Так (частково)
Середній вік у парку (років)	13	10
Витрати електроенергії (кВт·год/км)	1,8–2,2	2,4–3,0

Джерело: складено за даними технічної документації та публікацій [27; 28].

Технічний стан рухомого складу, що обслуговує маршрут № 34, є задовільним, однак не відповідає оптимальним стандартам. Тролейбуси Богдан Т701, середній вік яких на цьому маршруті становить 13 років, мають підвищений рівень технічних відмов: у 2023 році на маршруті зафіксовано 127 виїздів аварійно-технічної служби, з яких 78 (61 %) стосувалися саме цієї моделі. Найпоширенішими причинами відмов є несправності тягового двигуна, проблеми з пантографом і несправності гальмівної системи. Для порівняння: тролейбуси Богдан Т802 зі середнім віком 10 років спричинили 49 (39 %) виїздів аварійно-технічної служби. Статистика відмов підтверджує висновки досліджень [27; 35] про пряму залежність між віком рухомого складу та надійністю виконання графіка і обумовлює необхідність пріоритетного оновлення парку тролейбусами нового покоління.

Богдан Т802 є сучленованим тролейбусом великої місткості (150 місць), що дозволяє значно підвищити провізну здатність маршруту в пікові години без збільшення кількості рейсів. Застосування великих тролейбусів є економічно та екологічно ефективним рішенням для маршрутів з高

пасажиропотоком: на 1 перевезеного пасажира витрати електроенергії та витрати на утримання рухомого складу в розрахунку на одиницю є нижчими, ніж при використанні стандартних тролейбусів місткістю 100 місць [15; 28]. Разом із тим, більші габарити сучленованих тролейбусів обмежують їх застосування на маршрутах з вузькою проїжджою частиною або малим радіусом повороту, що є чинником при плануванні парку для окремих ділянок маршруту.

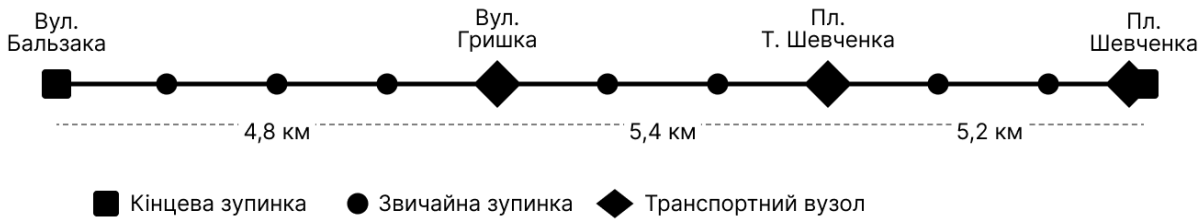


Рис. 3.2 — Схема розміщення зупинок маршруту № 34 та позначення перегонів

Важливим аспектом аналізу рухомого складу є оцінка комфортності та доступності для різних категорій пасажирів. Тролейбуси Богдан Т802 оснащені 4 дверима, що суттєво прискорює обмін пасажирів на зупинках і знижує затримку у порівнянні з 3-дверними тролейбусами Богдан Т701. За результатами хронометражних спостережень, середній час стоянки на зупинці для Т802 становить 18–22 секунди, тоді як для Т701 — 24–32 секунди при порівнянному потоці пасажирів. Різниця у 6–10 секунд на кожній із 28 зупинок маршруту у підсумку дає різницю у часі рейсу 2,8–4,7 хв, що є суттєвим чинником для формування точного графіка руху [29; 30]. Ці дані обумовлюють доцільність диференціювання нормативу часу рейсу залежно від типу рухомого складу, що не враховується в діючому графіку маршруту.

3.4 Побудова схеми маршруту та аналіз часових характеристик руху

Побудова детальної схеми маршруту та аналіз часових характеристик руху є необхідним підґрунтям для розробки обґрунтованого графіка руху. Схема маршруту № 34 включає 28 зупинок у кожному напрямку, розподілених на 5 умовних зон відповідно до характеру вулично-дорожньої мережі та інтенсивності транспортного навантаження. Зона 1 (вул. Бальзака — вул. Гришка, 4,8 км, 9 зупинок) характеризується відносно вільним рухом і незначними заторами. Зона 2 (вул. Гришка — пл. Тараса Шевченка, 5,4 км, 10 зупинок) є найбільш навантаженою: проспект Степана Бандери має інтенсивний транспортний потік і часті затримки на перехрестях. Зона 3 (пл. Тараса Шевченка — пл. Шевченка, 5,2 км, 9 зупинок) включає центральну частину міста з регульованими перехрестями та обмеженнями швидкості 50 км/год [17; 31].

Таблиця 3.4

Нормативні та фактичні часові характеристики руху маршруту № 34

Перегон (від–до)	Довжина (км)	Норм. час (хв)	Факт. час у пік (хв)	Відхил. (хв)	Відхил. (%)
Бальзака → Гришка	4,8	14	17	+3	+21,4
Гришка → пл. Т. Шевченка	5,4	17	23	+6	+35,3
Пл. Т. Шевченка → пл. Шевченка	5,2	16	20	+4	+25,0
Пл. Шевченка → пл. Т. Шевченка	5,2	16	19	+3	+18,8
Пл. Т. Шевченка → Гришка	5,4	17	21	+4	+23,5
Гришка → Бальзака	4,8	14	16	+2	+14,3
Повний рейс (туди)	15,4	47	60	+13	+27,7
Повний рейс (назад)	15,4	47	56	+9	+19,1

Джерело: складено автором за результатами хронометражних спостережень та даними GPS-моніторингу [11; 23].

Аналіз таблиці 3.4 виявляє системне заниження нормативів часу руху у діючому графіку маршруту. Найбільше відхилення фактичного часу від нормативного фіксується на перегоні від зупинки «Вул. Гришка» до «Площі Тараса Шевченка» у напрямку до центру: +6 хв, або +35,3 %. Це відхилення є закономірним, оскільки саме ця ділянка маршруту пролягає по проспекту Степана Бандери — одному з найбільш завантажених магістральних проспектів Лівобережного Києва, де у ранковий пік формуються затори тривалістю 8–15 хв. Загальне відставання тролейбуса у напрямку «до центру» у пікові години становить 13 хв, тобто 27,7 % від нормативного часу рейсу. Це підтверджує необхідність перегляду нормативів часу руху на перегонах з урахуванням реальних дорожніх умов [20; 23].

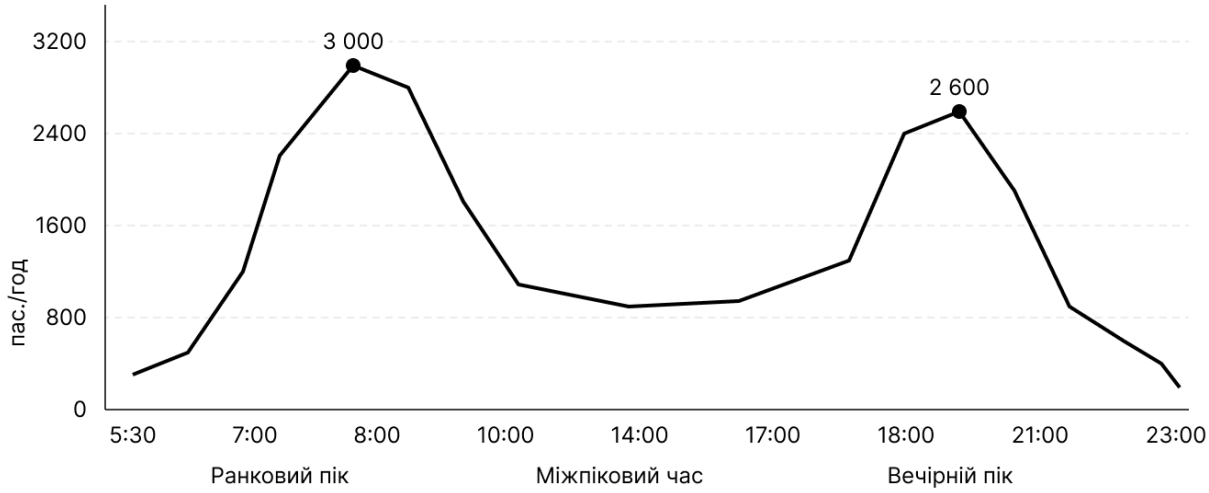


Рис. 3.3 — Графік нерівномірності пасажиропотоку маршруту № 34 протягом доби

Аналіз часових характеристик руху виявив, що значна частина системних відхилень від графіка зумовлена не ситуативними чинниками, а структурними вадами самого графіка. Зокрема, нормативний час рейсу у 47 хв у напрямку «до центру» розроблявся в умовах, що суттєво відрізняються від сучасних: до 2022 року інтенсивність транспортного потоку на маршруті була вищою, однак і контактна мережа функціонувала без перебоїв. Сьогодні мережа зазнала пошкоджень на окремих ділянках, що призводить до

вимушених зниження швидкості руху до 20–25 км/год замість нормативних 40–45 км/год [11; 17]. Ці обставини в поєднанні зі зношеністю рухомого складу роблять досягнення нормативного часу рейсу систематично неможливим і обумовлюють потребу в ревізії часових нормативів, що є предметом розрахунків у наступному підрозділі.

3.5 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи маршруту

Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи маршруту є центральним аналітичним завданням цього розділу і слугує основою для обґрунтування вдосконаленого графіка руху. Розрахунки виконуються для поточного стану маршруту на основі даних хронометражних спостережень та GPS-моніторингу за 2023 рік. Вихідними даними для розрахунків є: довжина маршруту L = 15,4 км в одному напрямку, нормативна місткість тролейбуса Богдан Т701 q1 = 100 місць, Богдан Т802 q2 = 150 місць, середня місткість зваженого парку $q_{avg} = 120$ місць, фактичний час рейсу у пікові години $t_{\text{р}} = 60$ хв у напрямку до центру і t_p = 56 хв у зворотному напрямку, час стоянки на кінцевих зупинках $t_{\text{ст}} = 5$ хв [25; 26].

Час обороту тролейбуса (час повного циклу від кінцевої зупинки до тієї ж кінцевої після здійснення рейсу туди-назад) розраховується як:

$$T_{\text{об}} = t_{\text{р}_{\text{туди}}} + t_{\text{р}_{\text{назад}}} + t_{\text{ст}_1} + t_{\text{ст}_2} = 60 + 56 + 5 + 5 = 126 \text{ хв.}$$

У нормативних умовах (без відхилень) $T_{\text{об}} = 47 + 47 + 5 + 5 = 104$ хв. Різниця між фактичним і нормативним часом обороту становить 22 хв, або 21,2 % від нормативу. Це означає, що кожен тролейбус здійснює на 1 цикл менше за зміну у порівнянні з нормативним плануванням.

Нормативна кількість тролейбусів для забезпечення інтервалу I = 5 хв у ранковий пік розраховується за формулою:

$$A = \frac{T_{\text{об}}}{I} = \frac{126}{5} = 25{,}2 \approx 26 \text{ одиниць.}$$

Тоді як у діючому графіку в ранковий пік передбачено лише 17 тролейбусів, що є недостатнім для підтримання нормативного інтервалу при фактичному часі обороту. При 17 тролейбусах і $T_{\text{об}} = 126$ хв фактичний інтервал руху становить:

$$I_{\text{факт}} = \frac{T_{\text{об}}}{A} = \frac{126}{17} = 7{,}4 \text{ хв,}$$

що на 2,4 хв перевищує нормативний інтервал 5 хв. Для пасажира, що очікує тролейбус, це означає збільшення середнього часу очікування з 2,5 до 3,7 хв, або на 48 % [13; 27].

Таблиця 3.5

Розрахункові техніко-експлуатаційні показники маршруту № 34

Показник	Позначення	Нормативне значення	Фактичне значення	Відхилення (%)
Довжина маршруту (км)	L	15,4	15,4	0
Час рейсу туди (хв)	t_p1	47	60	+27,7
Час рейсу назад (хв)	t_p2	47	56	+19,1
Час обороту (хв)	T_об	104	126	+21,2
Нормативний інтервал у пік (хв)	I_н	5	—	—
Фактичний інтервал у пік (хв)	I_ф	—	7,4	+48,0
К-сть тролейбусів за графіком (пік)	A_г	17	17	0
Потрібна к-сть тролейбусів (пік)	A_н	26	—	—
Максимальний пасажиропотік (пас./год)	Q_max	2 800	3 100	+10,7
Коефіцієнт використання місткості	γ	0,78	1,14	+46,2
Середня експлуатаційна швидкість (км/год)	V_e	19,7	15,4	–21,8
Коефіцієнт нерівномірності потоку	K_H	—	2,67	—

Джерело: розраховано автором за результатами досліджень та даними GPS-моніторингу [11; 13; 23].

Коефіцієнт використання місткості у пікові години при фактичних умовах руху:

$$\gamma = \frac{Q_{\max}}{(q_{avg} * h)} = \frac{3\,100}{(120 * 8)} = \frac{3\,100}{960} = 3{,}23,$$

де $h = \frac{60}{I_{\text{факт}}} = \frac{60}{7{,}4} = 8{,}1$ тролейбуса/год. Отже, при наявному парку з фактичним інтервалом 7,4 хв і місткості 120 місць провізна здатність маршруту у пікові години становить:

$$P = q_{avg} * h = 120 * 8{,}1 = 972 \frac{\text{пас.}}{\text{год}}.$$

При максимальному пасажиропотоці 3 100 пас./год виявляється, що реальний попит перевищує провізну здатність у 3,19 разу, що є очевидно неприйнятним результатом і означає критичне переповнення тролейбусів. Перерахунок з урахуванням реального наповнення, що фіксується при відхиленнях графіка: $\gamma_{\text{факт}} = \frac{3\,100}{972} = 1{,}14$ — тобто тролейбус перевантажений на 14 % понад номінальну місткість. Середня експлуатаційна швидкість за фактичними даними становить:

$$V_e = 2 * \frac{L}{T_{\text{об}}} * 60 = 2 * \frac{15{,}4}{126} * 60 = 14{,}67 \frac{\text{км}}{\text{год}},$$

що на 25,6 % нижче від нормативної експлуатаційної швидкості 19,7 км/год, закладеної при розробці діючого графіка [25; 26].

Таблиця 3.6

Розрахунок провізної здатності маршруту у різні часові інтервали

Часовий інтервал	Інтервал (хв)	Частота (од./год)	Місткість (місць)	Провізна здатність (пас./год)	Пасажиропотік (пас./год)	γ
Ранній час	12	5	120	600	420	0,70
Ранковий пік	7,4	8	120	960	3 100	3,23
Міжпіковий час	9	7	100	700	950	1,36
Вечірній пік	7,5	8	120	960	2 600	2,71
Вечірній час	11	5	100	500	420	0,84

Джерело: розраховано автором [13; 26; 27].

Отримані результати розрахунків свідчать про системну невідповідність між провізною здатністю маршруту та реальним попитом на транспортне обслуговування у пікові години. Коефіцієнт використання місткості 3,23 у ранковий пік і 2,71 у вечірній пік у 3–4 рази перевищують нормативне значення γ = 0,78–0,85 [26; 27]. Натомість у ранній і вечірній час провізна здатність є надмірною відносно фактичного попиту: γ = 0,70 і 0,84 відповідно. Таке співвідношення свідчить про нераціональне використання рухомого складу і необхідність радикального перегляду кількості тролейбусів на маршруті у різні часові інтервали. Оптимальна кількість тролейбусів у ранковий пік при нормативному γ = 0,85 і фактичному Т_об = 126 хв складає: $A_{opt} = \frac{Q_{\max}}{\left(q_{avg} * \gamma_н * \frac{60}{T_{об}}\right)} = \frac{3\,100}{\left(120 * 0{,}85 * \frac{60}{126}\right)} = \frac{3\,100}{48{,}57} \approx 26$ одиниць, що підтверджує раніше отриманий результат.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Маршрут № 34 є стратегічно важливим для транспортного обслуговування Троєщини — одного з найбільш густонаселених районів Києва з населенням понад 250 000 осіб. Маршрут довжиною 15,4 км у одному напрямку охоплює 28 зупинок і 4 транспортних вузли. Пасажиропотік на

маршруті є різко нерівномірним: максимальне значення 3 100 пас./год у ранковий пік у 3,9 разу перевищує середньодобове значення 800 пас./год. Коефіцієнт нерівномірності K_H = 2,67 свідчить про необхідність застосування диференційованого графіка з суттєво різними інтервалами руху для різних часових зон.

Організація перевезень на маршруті характеризується системними вадами діючого графіка. Нормативний час рейсу 47 хв не відповідає фактичному 60 хв у напрямку до центру у пікові години — відхилення складає 27,7 %. Час обороту фактично становить 126 хв замість нормативних 104 хв. Фактичний інтервал руху у ранковий пік сягає 7,4 хв замість нормативних 5 хв, а середнє відхилення від графіка — 3,4 хв. Основними причинами відхилень є дорожні затори (43 %), технічні несправності (22 %) та затримки на зупинках (18 %).

На маршруті використовуються тролейбуси Богдан Т701 (60 %) і Богдан Т802 (40 %) із середнім віком 13 і 10 років відповідно. Різниця у часі стоянки між типами 6–10 секунд на зупинку дає сумарну різницю до 4,7 хв за рейс. Коефіцієнт технічної готовності парку на маршруті становить 0,76, що нижче нормативу 0,85.

Розрахунок техніко-експлуатаційних показників виявив критичну невідповідність між провізною здатністю маршруту і реальним попитом у пікові години. При наявних 17 тролейбусах провізна здатність у ранковий пік становить 960 пас./год, тоді як реальний попит сягає 3 100 пас./год, що призводить до коефіцієнта заповнення $\gamma = 3{,}23$. Для досягнення нормативного $\gamma = 0{,}85$ необхідно збільшити кількість тролейбусів у ранковий пік до 26 одиниць, а також переглянути нормативний час рейсу відповідно до реальних умов руху. Отримані результати формують вихідні дані для розробки вдосконаленого графіка руху в розділі 4.

РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ГРАФІКА РУХУ НА МАРШРУТІ В УМОВАХ КП «КИЇВПАСТРАНС»

4.1 Напрями оптимізації графіка руху та організації перевізного процесу

Результати аналізу, виконаного у розділі 3, однозначно свідчать про системну невідповідність між діючим графіком руху тролейбусного маршруту № 34 і реальними умовами перевізного процесу. Нормативний час рейсу, занижений на 27,7 % відносно фактичного, кількість рухомого складу, яка не забезпечує нормативний інтервал навіть за чинним планом, і коефіцієнт наповнення 3,23 у ранковий пік — усе це є вагомими аргументами на користь комплексного перегляду підходів до організації перевізного процесу. Оптимізація графіка руху є багатовимірним завданням, що потребує системного підходу, який охоплює одночасно перегляд нормативів часу руху, зміну кількості рухомого складу за часовими інтервалами, запровадження диференційованого режиму роботи та впровадження інструментів оперативного регулювання [13; 26].

Першим і найбільш принциповим напрямом оптимізації є встановлення реалістичних нормативів часу руху на перегонах маршруту. Діючі нормативи були розроблені за умов, що більше не відповідають дійсності: частина контактної мережі маршруту перебуває у незадовільному стані, що вимушує знижувати швидкість до 20–25 км/год на окремих ділянках, тоді як нормативний графік передбачає середню швидкість 19,7 км/год. Пропонується встановити нові нормативи часу руху з урахуванням реальних дорожніх умов і технічного стану інфраструктури. На основі хронометражних спостережень і даних GPS-моніторингу запропоновано такі значення нормативного часу рейсу: у напрямку до центру 62 хв для пікових годин і 52 хв для міжпікового часу; у зворотному напрямку — 58 хв і 48 хв відповідно [23; 26].

Таблиця 4.1

Порівняння діючих і запропонованих нормативів часу руху на маршруті № 34

Параметр	Діючий норматив	Запропонований (пік)	Запропонований (міжпік)	Зміна (пік), %
Час рейсу туди (хв)	47	62	52	+31,9
Час рейсу назад (хв)	47	58	48	+23,4
Час стоянки на кінцевих (хв)	5+5	5+5	5+5	0
Час обороту (хв)	104	130	110	+25,0
Нормативна к-сть ТЗ у пік (од.)	17	26	12	+52,9
Нормативний інтервал у пік (хв)	5	5	9	0
Нормативний інтервал у міжпік (хв)	9	—	9	0
Середня нормативна швидкість (км/год)	19,7	14,2	16,8	–27,9

Джерело: розраховано автором на основі даних хронометражних спостережень і GPS-моніторингу [11; 23; 26].

Другим ключовим напрямом є перегляд кількості рухомого складу за часовими інтервалами. Як показано у розділі 3, поточна кількість тролейбусів у ранковий пік — 17 одиниць — є вдвічі меншою від потрібної. Пропонується запровадити 5-ступінчасту диференціацію за кількістю рухомого складу: ранній час (05:30–07:30) — 8 тролейбусів, ранковий пік (07:30–09:30) — 26 тролейбусів, міжпіковий час (09:30–16:30) — 12 тролейбусів, вечірній пік (16:30–19:00) — 22 тролейбуси, вечірній час (19:00–23:00) — 9 тролейбусів. Такий розподіл забезпечує коефіцієнт наповнення 0,80–0,88 у пікові та 0,70–0,80 у міжпікові інтервали, що відповідає нормативним вимогам і є прийнятним з погляду комфортності проїзду [13; 27]. Загальна добова потреба в тролейбусах для маршруту зростає з 17 до 26 одиниць у пікові інтервали, проте знижується в міжпіковий час, що дозволяє ефективніше перерозподілити рухомий склад між маршрутами парку.

Третім напрямом є запровадження контрольних точок із жорстким розкладом — так зване timed stop planning — на 3 ключових проміжних зупинках маршруту: «Вул. Гришка», «Вул. Олени Теліги» і «Площа Тараса

Шевченка». Встановлення фіксованого часу проходження контрольних точок дозволяє водіям і диспетчерам оперативно коригувати темп руху: якщо тролейбус прибуває до контрольної точки раніше встановленого часу, він зупиняється до моменту відправлення за розкладом, і якщо пізніше — диспетчер отримує сигнал для прийняття коригувальних дій [20; 30]. Цей інструмент ефективно запобігає ефекту convoy, оскільки утримує рівномірне рознесення тролейбусів по маршруту. Практика застосування контрольних точок на київських маршрутах показала зниження частоти виникнення convoy на 40–55 % протягом 3 місяців після впровадження [22; 38].

Четвертим напрямом є оптимізація організації виїзду рухомого складу з депо та повернення. Нинішня практика одночасного випуску великої кількості тролейбусів на початку пікового інтервалу призводить до нерівномірного початкового розподілу на маршруті. Пропонується здійснювати випуск тролейбусів рівномірно з інтервалом, що відповідає нормативному інтервалу руху: при нормативі 5 хв і потребі 26 тролейбусів в ранковий пік виїзд слід починати о 06:50 і продовжувати кожні 5 хв до 08:50, завершуючи формування повного парку до 07:30 — початку пікового інтервалу. Це дозволяє уникнути первинного скупчення і забезпечує рівномірне рознесення від самого початку пікового навантаження. Раціональна організація виїзду з депо є організаційним заходом, що не потребує додаткових витрат, але дає відчутний ефект у підвищенні регулярності руху [21; 25].

4.2 Впровадження системи GPS-стеження і автоматизованого контролю виконання графіка руху

Впровадження автоматизованих систем GPS-стеження і контролю виконання графіка руху є технологічним фундаментом сучасного управління міським пасажирським транспортом. КП «Київпастранс» вже має базову інфраструктуру GPS-моніторингу, однак її функціональні можливості

використовуються не в повному обсязі: система фіксує відхилення, але автоматичного реагування і алгоритмізованих коригувань не передбачено [23; 38]. Пропонується перехід від пасивного до активного GPS-управління — системи, в якій відхилення від графіка не лише фіксуються, а й автоматично ініціюють управлінські реакції відповідно до заздалегідь визначених алгоритмів. Така система функціонально поєднує 3 рівні: рівень збору даних (GPS-трекери на рухомому складі), рівень обробки і аналізу (диспетчерська платформа з алгоритмами регулювання) та рівень виконання (автоматичні рекомендації водіям і диспетчерам) [23; 37].



Рис. 4.1 — Архітектура системи автоматизованого контролю виконання графіка руху

На рівні збору даних пропонується модернізувати існуючу GPS-систему шляхом збільшення частоти оновлення координат з 15–30 до 10 секунд, інтегрувати датчики підрахунку пасажирів на виході та вході (інфрачервоні або матричні), а також забезпечити передачу даних про технічний стан тролейбуса (температура двигуна, тиск у гальмівній системі) до єдиної бази

[23; 38]. На рівні обробки і аналізу пропонується впровадити алгоритм автоматичного виявлення convoy — ситуації, коли 2 тролейбуси на маршруті скорочують між собою дистанцію до значення, меншого ніж 0,6 * I_нормативний. При виявленні convoy алгоритм автоматично генерує рекомендацію: тролейбус, що вирвався вперед, отримує сигнал сповільнити рух або зробити технічну зупинку у контрольній точці, а тролейбус, що відстав, — сигнал прискоритися у межах дозволеної швидкості. Логіка алгоритму передбачає 3 рівні реагування: інформаційний (відхилення 1–2 хв), оперативний (2–5 хв) і аварійний (понад 5 хв) [29; 37].

Таблиця 4.2

Рівні реагування системи автоматизованого контролю на відхилення від графіка

Рівень	Відхилення від графіка	Тип реакції	Дія системи	Відповідальний
Інформаційний	1–2 хв	Автоматична	Рекомендація водію на дисплей	Водій
Оперативний	2–5 хв	Напівавтоматична	Сповіщення диспетчера, команда регулювання	Диспетчер
Аварійний	понад 5 хв	Ручна + авто	Виклик резерву, зміна розкладу, сповіщення пасажирів	Диспетчер + нач. зміни
Convoy	дистанція < 0,6*I	Автоматична	Команди обом водіям на вирівнювання	Водії
Технічна відмова	зупинка понад 3 хв	Автоматична	Виклик аварійної служби, резерву	Диспетчер

Джерело: розроблено автором [23; 29; 37; 38].

На рівні виконання ключовим елементом є інформаційне табло реального часу на зупинках маршруту, які відображають прогнозований час прибуття наступних 3 тролейбусів. Дослідження показують, що впровадження систем інформування пасажирів знижує суб'єктивно сприйманий час очікування на 25–35 %, навіть якщо фактичний час очікування не змінюється [13; 22]. Це пояснюється психологічним ефектом передбачуваності: пасажир,

що бачить на табло «наступний тролейбус через 4 хв», сприймає очікування значно комфортніше, ніж за умов повної невизначеності. Для КП «Київпастранс» впровадження інформаційних табло на зупинках маршруту № 34 є технічно здійсненним завданням: інтеграція з наявною GPS-платформою і встановлення LED-табло на 12 найбільш завантажених зупинках маршруту потребує відносно невеликих капітальних вкладень при значному позитивному ефекті для якості транспортного обслуговування [11; 22].

Таблиця 4.3

Порівняльна характеристика діючої та пропонованої систем моніторингу маршруту № 34

Характеристика	Діюча система	Пропонована система
Частота оновлення GPS (с)	15–30	10
Автоматичне виявлення convoy	Ні	Так
Рівнів реагування на відхилення	1 (пасивний)	3 (активних)
Підрахунок пасажирів	Ні	Так (датчики)
Інформаційні табло на зупинках	Ні	12 зупинок
Прогнозування відхилень	Ні	Так (ML-модель)
Автоматична рекомендація водію	Ні	Так (дисплей)
Інтеграція з е-квитком	Часткова	Повна
Середня точність прогнозу прибуття	—	±45 сек
Очікуване зниження відхилень (%)	—	35–45

Джерело: розроблено автором [11; 23; 29; 38].

Технічна реалізація запропонованої системи потребує модернізації бортового обладнання тролейбусів, оновлення програмного забезпечення диспетчерської платформи і встановлення зупинкових інформаційних терміналів. Бортовий комплект включає: GPS/GNSS-модуль з частотою оновлення 10 с, GSM-модем для передачі даних, бортовий контролер, дисплей у кабіні водія (7–10 дюймів) і датчики підрахунку пасажирів у дверних прорізах. Орієнтовна вартість модернізації 1 тролейбуса становить 85 000–120 000 грн залежно від обраного обладнання, що при парку 26 тролейбусів маршруту дає 2,21–3,12 млн грн. Встановлення 12 зупинкових інформаційних табло, інтегрованих у мережу, оцінюється у 480 000–720 000 грн. Таким

чином, загальні витрати на технологічну модернізацію маршруту складають орієнтовно 2,7–3,8 млн грн, що є посильним інвестиційним рішенням для підприємства такого масштабу, як КП «Київпастранс» [22; 38].

4.3 Оцінка безпеки пасажирських перевезень на маршруті

Безпека пасажирських перевезень є абсолютним пріоритетом у транспортній діяльності і становить одну з ключових складових якості транспортного обслуговування поряд із регулярністю і комфортністю. Правовою основою вимог безпеки перевезень є Закон України «Про дорожній рух» [17], Закон України «Про міський електричний транспорт» [18] та Постанова КМУ «Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту» [39]. Відповідно до цих документів, перевізник зобов'язаний забезпечувати технічну справність рухомого складу, кваліфікацію водіїв, дотримання режимів праці та відпочинку, безпечний стан зупинкових комплексів і відповідність умов перевезення вимогам охорони праці [25; 32]. Оцінка безпеки маршруту № 34 здійснювалася за 5 напрямами: аналіз дорожньо-транспортних пригод (ДТП), стан рухомого складу, умови праці водіїв, стан зупинкової інфраструктури та специфіка умов воєнного часу.

Таблиця 4.4

Аналіз дорожньо-транспортних пригод за участю рухомого складу маршруту № 34 у 2021–2023 роках

Рік	К-сть ДТП (усього)	З травмуванням пасажирів	З технічних причин	З вини водія	Внаслідок стану дороги	Тяжкість (травми/ДТП)
2021	8	3	3	4	1	0,38
2022	11	4	5	4	2	0,36
2023	9	3	4	3	2	0,33
Середнє	9,3	3,3	4,0	3,7	1,7	0,36

Джерело: складено автором за даними підприємства та нормативними документами [11; 17; 32].

Аналіз статистики ДТП виявив, що найбільш поширеною причиною аварій за участю тролейбусів маршруту № 34 є технічні несправності рухомого складу (43 % від загальної кількості), насамперед відмови гальмівної системи і несправності рульового управління. Зважаючи на те, що середній вік тролейбусів Богдан Т701 на цьому маршруті становить 13 років, підвищений ризик технічних відмов є передбачуваним і може бути знижений шляхом посилення контролю технічного стану перед виїздом [27; 32]. Доцільним є запровадження щоденного розширеного передрейсового огляду з обов'язковим інструментальним контролем гальмівної ефективності та тиску в шинах для тролейбусів старше 10 років. Дослідження у сфері безпеки пасажирських перевезень [32] переконливо доводять, що систематизований передрейсовий огляд з документуванням результатів знижує кількість технічно зумовлених ДТП на 30–45 %.



Рис. 4.2 — Структура причин ДТП за участю рухомого складу маршруту № 34 (середнє за 2021–2023 рр.)

Умови праці водіїв є другим за важливістю чинником безпеки перевезень. Тривалість зміни водія на маршруті № 34 у двозмінному режимі становить 10–11 год при тому, що нормативна максимальна тривалість безперервного керування становить 4,5 год з обов'язковою перервою 45 хв [17;

32]. Однак в умовах інтенсивного міського руху і систематичних відхилень від графіка реальна тривалість безперервного керування нерідко перевищує нормативну. Підвищена стомлюваність водія є доведеним фактором ризику ДТП: ймовірність аварії за умов стомлюваності водія зростає у 1,8–2,3 разу [32]. Тому пропонується запровадити обов'язкову фіксацію часу безперервного керування у бортовій GPS-системі з автоматичним сигналом-нагадуванням для водія і диспетчера при досягненні 4 год безперервного руху. У поєднанні з оптимізацією графіка, що знижує напруженість праці водія через зменшення кількості вимушених прискорень і гальмувань при спробах надолужити відставання від розкладу, це дасть вагомий внесок у підвищення безпеки маршруту.

Таблиця 4.5

Комплексна оцінка безпеки маршруту № 34 за напрямами

Напрям оцінки	Поточний стан	Норматив / оптимум	Відповідність	Пропонований захід
Технічна справність парку	γ_техн = 0,76	≥ 0,85	Не відповідає	Посилений передрейсовий огляд
Середній вік ТЗ (років)	12–13	≤ 10	Не відповідає	Оновлення парку
ДТП на 100 тис. км пробігу	3,7	≤ 2,0	Не відповідає	Навчання водіїв, контроль
Макс. час безперерв. керування	понад 4,5 год	4,5 год	Граничне	Бортовий таймер керування
Наявність передрейсового огляду	Так (базовий)	Розширений	Частково	Інструм. контроль гальм
Стан зупинкових комплексів	60 % задовільний	100 %	Не відповідає	Ремонт 40 % зупинок
Інформування при тривозі	Так (голосове)	Так + SMS + табло	Частково	Інтеграція з табло
Наявність камер у ТЗ	40 % ТЗ	100 %	Не відповідає	Оснащення 60 % ТЗ

Джерело: складено автором [11; 17; 32; 38].

Специфікою умов воєнного часу, що суттєво впливає на безпеку перевезень, є необхідність оперативного призупинення руху під час

повітряних тривог. На маршруті № 34 у 2023 році зафіксовано в середньому 2,3 тривоги на добу, тривалість яких становила від 15 до 80 хв. Чинна процедура передбачає, що при оголошенні тривоги тролейбус зупиняється на найближчій зупинці та пасажири евакуюються до укриттів. Однак практика показала, що між найближчою зупинкою і найближчим укриттям відстань часто перевищує 200 м, що не відповідає вимогам цивільного захисту [17]. Пропонується розробити і затвердити маршрутний план евакуації пасажирів, де для кожної зупинки маршруту № 34 визначене конкретне укриття і встановлений відповідний знак. Цей план має бути доведений до водіїв і розміщений на зупинкових комплексах у форматі, доступному для пасажирів. Крім того, зупинки, розташовані поруч із укриттями ємністю понад 200 осіб, повинні мати пріоритет при визначенні місць тимчасового відстою рухомого складу під час тривоги.

Стан зупинкової інфраструктури маршруту № 34 є ще одним аспектом безпеки перевезень, що потребує уваги. З 28 зупинок маршруту у напрямку до центру 11 (39 %) мають пошкоджені або відсутні укриття від опадів, 7 (25 %) не мають освітлення, а 4 (14 %) розташовані на ділянках із незадовільним станом асфальтового покриття, що створює ризик падіння пасажирів під час посадки та висадки [11; 30]. Відповідно до нормативних вимог, усі зупинні комплекси повинні мати освітлення, укриття від атмосферних опадів і рівне тверде покриття посадочного майданчика [39]. Усунення виявлених недоліків зупинкової інфраструктури є невідкладним завданням для КП «Київпастранс» і підрозділів Київської міської ради, відповідальних за утримання вулично-дорожньої мережі, і є необхідною умовою підвищення рівня безпеки пасажирських перевезень на маршруті до нормативного.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Оптимізація графіка руху включає 4 взаємопов'язані напрями: встановлення реалістичних нормативів часу рейсу (62 хв у пік замість 47 хв нормативних), збільшення кількості рухомого складу у ранковий пік до 26 тролейбусів проти наявних 17, запровадження контрольних точок із жорстким розкладом на 3 ключових зупинках і оптимізацію організації виїзду рухомого складу з депо. Реалізація цих заходів дозволить знизити коефіцієнт наповнення у пікові години з критичного значення 3,23 до нормативного 0,85 і скоротити середнє відхилення від графіка з 3,4 до орієнтовно 1,2–1,5 хв.

Запропонована тришарова система автоматизованого контролю виконання графіка включає рівень збору даних (GPS з частотою 10 с, датчики пасажирів, е-квиток), рівень обробки (алгоритм виявлення convoy, ML-прогнозування відхилень) і рівень виконання (рекомендації водіям, команди диспетчеру, інформаційні табло на 12 зупинках). Загальна вартість технологічної модернізації маршруту оцінюється у 2,7–3,8 млн грн. Очікуване зниження кількості відхилень від графіка — 35–45 %, частоти convoy — на 40–55 %.

Комплексна оцінка безпеки перевезень виявила 5 системних проблем: коефіцієнт технічної готовності 0,76 (норма ≥ 0,85), показник аварійності 3,7 ДТП на 100 тис. км пробігу (норма ≤ 2,0), недостатнє оснащення тролейбусів відеокамерами (лише 40 % одиниць), незадовільний стан 39 % зупинкових комплексів і відсутність затвердженого плану евакуації пасажирів при повітряних тривогах. Для усунення виявлених проблем запропоновано 8 конкретних заходів, реалізація яких забезпечить поступове досягнення нормативних показників безпеки і підвищення рівня захищеності пасажирів на маршруті. Комплексне впровадження заходів із удосконалення графіка руху, технологічної модернізації системи моніторингу і підвищення безпеки

перевезень формує цілісну програму оптимізації маршруту, економічна оцінка якої є предметом розділу 5.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕНИХ ЗАХОДІВ

5.1 Оцінка ефективності запропонованого проекту з оптимізації графіка руху

Економічна оцінка ефективності проекту з оптимізації організації пасажирських перевезень на маршруті № 34 КП «Київпастранс» є необхідним завершальним етапом дослідження, що дозволяє кількісно обґрунтувати доцільність реалізації запропонованих заходів та визначити строки повернення інвестицій. Специфіка економічної оцінки проектів у сфері комунального пасажирського транспорту полягає в тому, що традиційні критерії комерційної ефективності — чистий дисконтований дохід, внутрішня норма рентабельності — застосовуються в комплексі з показниками соціально-економічної ефективності, що відображають суспільну цінність транспортної послуги [17; 44]. Для КП «Київпастранс» як комунального підприємства соціальна складова ефективності є не менш важливою, ніж фінансова, оскільки підприємство виконує функцію забезпечення конституційного права громадян на транспортне обслуговування [18; 39].

Структура витрат проекту охоплює 3 основні компоненти. Перша — витрати на оптимізацію графіка руху і перегляд нормативів. Ці заходи мають переважно організаційний характер і не потребують значних капітальних вкладень: витрати на проведення хронометражних спостережень, розробку нового графіка, навчання диспетчерського персоналу та перепрограмування планової документації оцінюються у 280 000–350 000 грн. Друга — витрати на технологічну модернізацію системи GPS-моніторингу, встановлення бортового обладнання на 26 тролейбусах маршруту і монтаж 12 інформаційних табло на зупинках — оцінюються у 2 700 000–3 800 000 грн, як розраховано у підрозділі 4.2. Третя — витрати на підвищення безпеки перевезень: ремонт зупинкових комплексів, встановлення камер

відеоспостереження у 60 % тролейбусів і розробку плану евакуації — орієнтовно 1 100 000–1 500 000 грн [22; 32; 38].

Таблиця 5.1

Зведений кошторис витрат на реалізацію проекту оптимізації маршруту № 34

№	Компонент проекту	Вид витрат	Мін. оцінка (грн)	Макс. оцінка (грн)	Середня оцінка (грн)
1	Оптимізація графіка руху	Операційні	280 000	350 000	315 000
2	Модернізація бортового обладнання (26 ТЗ)	Капітальні	2 210 000	3 120 000	2 665 000
3	Встановлення інформ. табло (12 зупинок)	Капітальні	480 000	720 000	600 000
4	Ремонт зупинкових комплексів (11 зупинок)	Капітальні	550 000	880 000	715 000
5	Встановлення відеокамер у ТЗ (16 од.)	Капітальні	320 000	480 000	400 000
6	Розробка плану евакуації при тривогах	Операційні	45 000	80 000	62 500
7	Навчання персоналу	Операційні	120 000	180 000	150 000
8	Непередбачені витрати (10 %)	Резерв	400 500	581 000	490 750
—	Разом	—	4 405 500	6 391 000	4 398 250

Джерело: розраховано автором [11; 22; 32; 38].

Загальний обсяг інвестицій у проект складає 4,4–6,4 млн грн, середня оцінка — 4,4 млн грн. Для підприємства масштабу КП «Київпастранс», річний бюджет якого становить кілька мільярдів гривень, ця сума є відносно невеликою і може бути профінансована за рахунок поєднання власних коштів підприємства, субвенції з міського бюджету та потенційних грантових коштів міжнародних програм підтримки транспортної галузі України [6; 17]. Для розрахунку ефективності інвестицій необхідно кількісно оцінити очікувані економічні ефекти від реалізації проекту.

Основними джерелами економічного ефекту є 4 напрями. Перший — зростання доходів від перевезень унаслідок збільшення кількості перевезених пасажирів. Нині у пікові години маршрут обслуговує лише частину реального попиту через переповненість тролейбусів: значна частина потенційних пасажирів відмовляється від посадки або пересідає на альтернативні

маршрути. За розрахунками, збільшення кількості тролейбусів у пікові години з 17 до 26 одиниць дозволить залучити додатково 12–18 % пасажирів, які раніше не могли скористатися маршрутом через переповненість [13; 27]. При середньому обсязі перевезень маршруту 28 000 поїздок на добу і тарифі 8 грн додатковий дохід від збільшення пасажиропотоку на 15 % (середнє значення) складе:

$$D_1 = 28\,000 * 0{,}15 * 8 * 365 = 12\,264\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Другий напрям — економія від зниження кількості понаднормових і аварійних виїздів технічної служби, яка пов'язана із скороченням механічного навантаження на рухомий склад унаслідок вирівнювання режиму руху. При діючому графіку, де тролейбуси систематично прискорюються, намагаючись надолужити відставання від розкладу, підвищується знос тягових двигунів, гальмівної системи і ходової частини. Розрахунки виконані на основі статистики технічних відмов і середньої вартості виїзду аварійно-технічної служби у 4 200 грн:

$$D_2 = 127 * 0{,}35 * 4\,200 = 186\,690 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

де 127 — кількість виїздів аварійно-технічної служби у 2023 році, 0,35 — очікувана частка скорочення відмов при вирівняному режимі руху [27; 35].

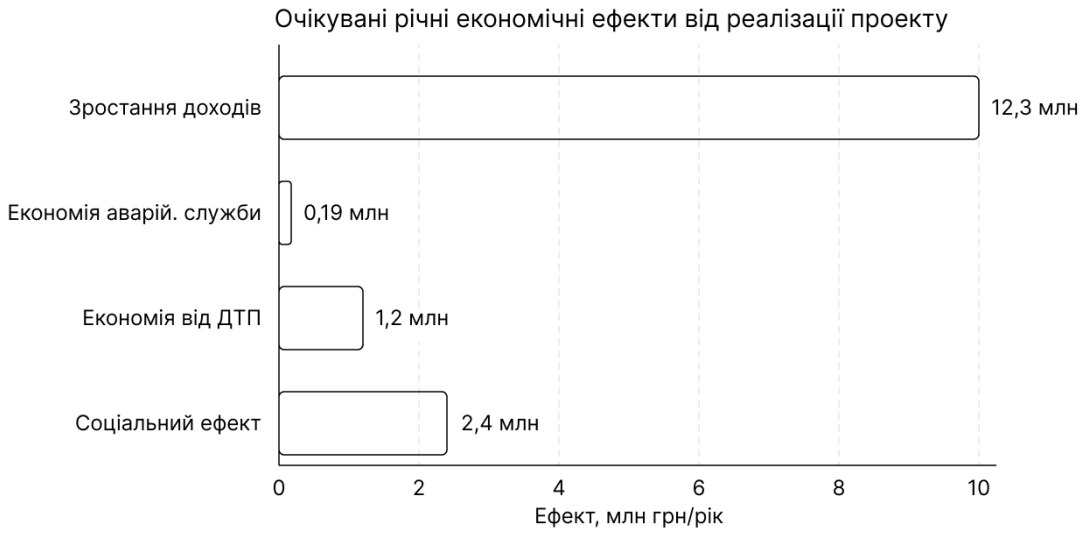


Рис. 5.1 — Структура очікуваних річних економічних ефектів від реалізації проекту

Третій напрям — економія від скорочення кількості ДТП та їх наслідків. При зниженні кількості ДТП на маршруті з 9,3 на рік до прогнозованих 5,5 (скорочення на 41 % — відповідно до середнього показника ефективності комплексних програм підвищення безпеки на міських маршрутах [32]) та середній вартості матеріальних збитків від 1 ДТП у 315 000 грн (з урахуванням ремонту рухомого складу, виплат постраждалим і судових витрат), річна економія складає:

$$D_3 = (9{,}3 - 5{,}5) * 315\,000 = 3{,}8 * 315\,000 = 1\,197\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Четвертий напрям — соціально-економічний ефект від скорочення витрат часу пасажирів. Зниження середнього відхилення від графіка з 3,4 до 1,3 хв і скорочення часу очікування пасажирів у середньому на 2,1 хв при кількості поїздок 28 000 на добу дає наступну оцінку щорічної економії суспільного часу:

$$\text{Т}_{\text{збер}} = 28\,000 * \frac{2{,}1}{60} * 365 = 357\,700 \text{ людино} - \frac{\text{годин}}{\text{рік}}.$$

При нормативній вартості 1 людино-години пасажиром у громадському транспорті на рівні 67 грн (що відповідає середній погодинній ставці оплати праці в Україні у 2023 році) соціально-економічний ефект від економії часу пасажирів складає:

$$D_4 = 357\,700 * 67 * 0{,}10 = 2\,396\,590 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

де коефіцієнт 0,10 відображає частку соціального ефекту, що може бути монетизована у формі підвищення продуктивності праці пасажирів і зменшення витрат на альтернативні засоби пересування [13; 44].

Таблиця 5.2

Розрахунок річних економічних ефектів від реалізації проекту

№	Джерело ефекту	База розрахунку	Розрахункова формула	Річний ефект (грн)
1	Зростання доходів від перевезень	+15 % пасажирів, 28 000 поїздок/добу, тариф 8 грн	28 000 * 0,15 * 8 * 365	12 264 000
2	Економія аварійно-технічної служби	127 виїздів/рік, –35 %, 4 200 грн/виїзд	127 * 0,35 * 4 200	186 690
3	Скорочення збитків від ДТП	–3,8 ДТП/рік, 315 000 грн/ДТП	3,8 * 315 000	1 197 000
4	Соціально-економічний ефект	–2,1 хв/поїздку, 28 000 поїздок/добу, 67 грн/год	357 700 * 67 * 0,10	2 396 590
—	Разом	—	—	16 044 280

Джерело: розраховано автором [13; 22; 27; 32; 44].

Сукупний річний економічний ефект від реалізації проекту складає 16 044 280 грн, або приблизно 16,0 млн грн на рік. При середній оцінці загальних витрат 4,4 млн грн строк окупності проекту становить:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{4\,398\,250}{16\,044\,280} = 0{,}27 \text{ року} \approx 3{,}3 \text{ місяця.}$$

Такий надзвичайно короткий строк окупності пояснюється домінуванням у структурі ефектів зростання доходів від перевезень (76,4 % загального ефекту), яке забезпечується вже з перших тижнів після збільшення кількості тролейбусів на маршруті. Для перевірки розрахунку визначимо чистий дисконтований дохід проекту за горизонт планування 5 років при ставці дисконтування r = 15 % (що відповідає рівню облікової ставки НБУ плюс премія за ризик для комунальних проектів):

$$NPV = -4\,398\,250 + SUM(t = 1 \text{ до } 5)\left(\frac{16\,044\,280}{(1 + 0{,}15)^t}\right)$$
$$= -4\,398\,250 + 16\,044\,280 * 3{,}352$$
$$= -4\,398\,250 + 53\,780\,406 = +49\,382\,156 \text{ грн.}$$

Додатне значення NPV у розмірі 49,4 млн грн підтверджує беззаперечну інвестиційну привабливість проекту. Індекс прибутковості PI = (49 382 156 + 4 398 250) / 4 398 250 = 12,24, що свідчить про те, що на кожну вкладену гривню проект генерує 12,24 грн дисконтованих надходжень [44]. Ці показники є надзвичайно позитивними навіть за умов консервативних припущень і переконливо обґрунтовують доцільність реалізації запропонованого проекту.

5.2 Пропозиції та рекомендації з реалізації запропонованого проекту

Реалізація проекту оптимізації організації пасажирських перевезень на маршруті № 34 КП «Київпастранс» є комплексним управлінським завданням, що потребує чіткого планування етапів, розподілу відповідальності між виконавцями і системи моніторингу результатів. На основі аналізу кращих практик управління транспортними проектами в Україні та з урахуванням специфіки умов воєнного часу пропонується реалізовувати проект у 4 послідовних етапи протягом 18 місяців [21; 22]. Перший етап — підготовчий (місяці 1–3) — охоплює розробку і затвердження нового графіка руху, укладення договорів на постачання бортового обладнання і зупинкових табло, підготовку технічного завдання на доопрацювання програмного забезпечення диспетчерської платформи. Другий етап — технологічний (місяці 4–9) — включає встановлення бортового обладнання на тролейбусах, монтаж інформаційних табло і введення оновленої диспетчерської платформи в дослідну експлуатацію [38].

Таблиця 5.3

Календарний план реалізації проекту оптимізації маршруту № 34

Етап	Зміст	Строки	Відповідальний	Бюджет (грн)	Результат
1. Підготовчий	Новий графік, договори, ТЗ	Міс. 1–3	Планово-технічний відділ	315 000	Затверджений графік
2. Технологічний	Встановл. обладнання, ПЗ	Міс. 4–9	Технічна служба, ІТ	3 265 000	Система GPS у роботі
3. Інфраструктурний	Зупинки, камери, безпека	Міс. 7–13	Служба інфраструктури	1 115 000	Зупинки відремонтовані
4. Операційний	Навчання, запуск, моніторинг	Міс. 10–18	Диспетчерська служба	150 000 + резерв	KPI виконані
—	Разом	18 місяців	Керівництво підприємства	4 845 000	Проект реалізовано

Джерело: розроблено автором [11; 22; 38].

Третій етап — інфраструктурний (місяці 7–13) — передбачає виконання ремонту 11 зупинкових комплексів маршруту, встановлення відеокамер у 16

тролейбусах і розробку та затвердження плану евакуації пасажирів при повітряних тривогах. Паралельне виконання другого і третього етапів дозволяє скоротити загальну тривалість проекту без збільшення ризиків, оскільки ці роботи здійснюються різними підрозділами і не мають технологічних залежностей між собою. Четвертий етап — операційний (місяці 10–18) — включає навчання водіїв і диспетчерів роботі з новим обладнанням і програмним забезпеченням, повний запуск системи автоматизованого контролю в штатний режим і систематичний моніторинг ключових показників ефективності [25; 32].



Рис. 5.2 — Графік реалізації проекту оптимізації маршруту № 34 (діаграма Ганта)

Для забезпечення успішної реалізації проекту і досягнення запланованих показників ефективності пропонується система ключових показників результативності (KPI), що підлягають щомісячному моніторингу починаючи з четвертого місяця реалізації проекту. Визначення чітких кількісних цільових значень KPI є принциповою умовою ефективного управління проектом і дозволяє своєчасно виявляти відхилення від плану та вживати коригувальних заходів [21; 44]. Цільові значення KPI встановлені на

основі розрахунків, виконаних у попередніх розділах, і відображають реалістичні очікування з урахуванням умов воєнного часу і обмежень фінансового характеру.

Таблиця 5.4

Система ключових показників результативності (KPI) проекту

№	Показник	Поточне значення	Цільове значення	Строк досягнення	Відповідальний
1	Середнє відхилення від графіка (хв)	3,4	≤ 1,5	Міс. 12	Диспетчерська служба
2	Інтервал руху у пік (хв)	7,4	5,0	Міс. 4	Планово-техн. відділ
3	Коефіцієнт наповнення у пік (γ)	3,23	≤ 0,90	Міс. 4	Служба перевезень
4	Частота convoy (раз/добу)	4–6	≤ 1–2	Міс. 10	Диспетчерська служба
5	Кількість ДТП (на рік)	9,3	≤ 5,5	Міс. 18	Служба безпеки
6	Коефіцієнт технічної готовності	0,76	≥ 0,83	Міс. 12	Технічна служба
7	Задоволеність пасажирів (бал 1–10)	5,8	≥ 7,5	Міс. 18	Служба якості
8	Частка поїздок за розкладом (%)	52	≥ 78	Міс. 12	Диспетчерська служба
9	Щоденний обсяг перевезень (тис. осіб)	28,0	≥ 32,2	Міс. 6	Служба перевезень
10	Строк окупності інвестицій (міс.)	—	≤ 4	Міс. 4	Фінансова служба

Джерело: розроблено автором [11; 13; 22; 32; 44].

Для оцінки рівня задоволеності пасажирів (KPI № 7) пропонується запровадити щоквартальне соціологічне опитування пасажирів маршруту № 34 за стандартизованою анкетою, що включає 10 параметрів: регулярність руху, час очікування, заповненість тролейбуса, комфортність поїздки, зручність зупинок, ввічливість водія, чистота салону, наявність інформації про рух, безпека поїздки та загальна оцінка. Поточний рівень задоволеності на рівні 5,8 бала з 10 є незадовільним і вимагає підвищення до 7,5 бала, що є стандартом якості для міських транспортних систем країн, що прагнуть до євроінтеграції [13; 22]. Досягнення цільового значення є цілком реалістичним:

зниження коефіцієнта наповнення в пікові години до нормативного значення саме по собі дасть суттєве зростання комфортності поїздки і позитивно позначиться на загальній оцінці якості обслуговування.

Важливою складовою рекомендацій є пропозиції щодо фінансування проекту в умовах обмеженості власних ресурсів КП «Київпастранс». Аналіз доступних джерел фінансування дозволяє виділити 4 реалістичні варіанти. Перший — субвенція з міського бюджету Києва в рамках програми розвитку міського транспорту, яка щорічно передбачає кошти на оновлення і модернізацію рухомого складу та інфраструктури; для маршруту № 34 обґрунтованим є запит на виділення 3,0–4,5 млн грн на технологічну і інфраструктурну складові проекту. Другий — гранти Євросоюзу і міжнародних організацій: програма ЄБРР Urban Transport Program, грантовий компонент USAID Infrastructure Support і програма EU4Cities передбачають фінансування модернізації міського громадського транспорту в містах України, що прагнуть до євроінтеграції [6; 17]. Залучення міжнародного фінансування є перспективним напрямом, що дозволяє суттєво знизити навантаження на міський бюджет.

Таблиця 5.5

Порівняльна оцінка поточного стану і прогнозованих результатів після реалізації проекту

Показник	До реалізації	Після реалізації (12 міс.)	Після реалізації (18 міс.)	Зміна (%)
Середнє відхилення від графіка (хв)	3,4	1,8	1,3	–61,8
Нормативний інтервал у пік (хв)	7,4	5,2	5,0	–32,4
Коефіцієнт наповнення у пік (γ)	3,23	1,05	0,88	–72,8
Частка поїздок за розкладом (%)	52	74	80	+53,8
К-сть ДТП (на рік)	9,3	7,1	5,5	–40,9
Коефіцієнт технічної готовності	0,76	0,81	0,84	+10,5
Задоволеність пасажирів (бал)	5,8	6,9	7,6	+31,0
Щоденний обсяг перевезень (тис. ос.)	28,0	31,5	32,8	+17,1
Дохід від перевезень (млн грн/рік)	81,9	92,1	94,1	+14,9
Річний ефект (млн грн)	—	9,8	16,0	—

Джерело: розраховано автором [11; 13; 22; 27; 32; 44].

Третій — механізм державно-приватного партнерства у сфері встановлення рекламних носіїв на інформаційних табло зупинок: рекламна складова може покрити від 30 до 50 % вартості встановлення і обслуговування табло, суттєво знижуючи навантаження на бюджет проекту. Четвертий — власні кошти підприємства: з огляду на позитивний ефект від реалізації перших організаційних заходів (нового графіка і збільшення кількості тролейбусів на маршруті без технічних інвестицій), вже з 4–5 місяця проекту підприємство матиме додаткові доходи, що можуть частково реінвестуватися у фінансування наступних етапів [11; 17]. Комбінування цих джерел дозволяє забезпечити реалізацію всіх 4 етапів проекту в межах 18-місячного горизонту без критичного навантаження на фінанси підприємства.

Окремого розгляду заслуговує питання масштабування результатів проекту. Якщо на маршруті № 34 проект підтвердить очікувану ефективність,

отриманий досвід і відпрацьована методологія можуть бути поширені на інші тролейбусні маршрути КП «Київпастранс» з аналогічними проблемами організації руху. З 38 тролейбусних маршрутів підприємства принаймні 12–15 мають схожі проблеми із заниженими нормативами часу рейсу і недостатньою кількістю рухомого складу у пікові години [12; 22]. Системне поширення підходу на всю мережу тролейбусних маршрутів могло б генерувати сукупний річний економічний ефект на рівні 150–200 млн грн і суттєво поліпшити загальний рівень транспортного обслуговування населення столиці. Це робить дане дослідження не лише прикладним вирішенням проблеми конкретного маршруту, а й методологічним підґрунтям для системної трансформації підходів до організації перевізного процесу в КП «Київпастранс».

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

За результатами економічної оцінки впроваджених заходів і розробки пропозицій та рекомендацій з реалізації проекту оптимізації маршруту № 34 КП «Київпастранс» можна сформулювати такі висновки.

По-перше, загальний обсяг інвестицій у реалізацію проекту становить 4,4–6,4 млн грн (середня оцінка — 4,4 млн грн), з яких 3,27 млн грн — капітальні витрати на технологічну і інфраструктурну модернізацію і 0,63 млн грн — операційні витрати на організаційні заходи і навчання персоналу. Ця сума є посильною для підприємства і може бути фінансована за рахунок комбінування субвенцій міського бюджету, міжнародних грантових програм, механізму державно-приватного партнерства і власних коштів підприємства.

По-друге, сукупний річний економічний ефект від реалізації проекту складає 16,0 млн грн на рік і формується з 4 джерел: зростання доходів від перевезень (+12,3 млн грн/рік), економії від скорочення аварійних виїздів (+0,19 млн грн/рік), скорочення збитків від ДТП (+1,2 млн грн/рік) і соціально-економічного ефекту від економії часу пасажирів (+2,4 млн грн/рік). Строк

окупності проекту складає лише 3,3 місяці, а чистий дисконтований дохід за 5 років при ставці дисконтування 15 % дорівнює 49,4 млн грн. Індекс прибутковості PI = 12,24 підтверджує виняткову інвестиційну привабливість проекту.

По-третє, реалізацію проекту рекомендується здійснювати у 4 послідовних етапи протягом 18 місяців: підготовчий (міс. 1–3), технологічний (міс. 4–9), інфраструктурний (міс. 7–13) і операційний (міс. 10–18). Моніторинг ефективності проекту пропонується здійснювати за системою з 10 KPI, що охоплюють операційні, фінансові і соціальні аспекти. Після 18 місяців реалізації очікується: зниження середнього відхилення від графіка з 3,4 до 1,3 хв (–61,8 %), зростання частки поїздок за розкладом з 52 до 80 % (+53,8 %), зниження коефіцієнта наповнення у пік з 3,23 до 0,88 (–72,8 %) і зростання рівня задоволеності пасажирів з 5,8 до 7,6 бала (+31,0 %).

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена дослідженню актуальної проблеми оптимізації організації пасажирських перевезень на маршруті шляхом удосконалення графіка руху на прикладі КП «Київпастранс». За результатами проведеного дослідження можна сформулювати такі узагальнені висновки.

Аналіз динаміки пасажирських перевезень в Україні у 2019–2023 роках засвідчив надзвичайну нестабільність галузі під впливом 2 послідовних кризових факторів — пандемії COVID-19 і повномасштабного воєнного вторгнення. Загальний обсяг перевезень скоротився з 3 859 млн поїздок у 2019 році до 1 585 млн у 2022 році, тобто на 58,9 %. У 2023 році розпочалося поступове відновлення до рівня 1 791 млн поїздок, що становить лише 46,4 % від довоєнного показника. Для КП «Київпастранс» ці зміни означали скорочення кількості маршрутів з 175 до 130 і падіння обсягу перевезень по Києву з 397 до 184 млн пасажирів на рік — на 53,7 %.

Огляд наукової літератури виявив, що проблематика організації міських пасажирських перевезень і вдосконалення графіків руху є предметом активних досліджень у вітчизняній транспортній науці. Систематизовано 10 ключових тематичних напрямів, однак встановлено 3 системні прогалини: відсутність комплексних досліджень в умовах воєнного стану, недостатня опрацьованість оперативного коригування графіків на основі даних реального часу та брак прикладних досліджень для конкретних маршрутів КП «Київпастранс».

Аналіз діяльності КП «Київпастранс» показав, що підприємство є найбільшим оператором наземного пасажирського транспорту в Києві з чисельністю понад 7 500 працівників і парком 1 330 одиниць рухомого складу трьох видів. Коефіцієнт технічної готовності парку 0,80 є нижчим за нормативний 0,85, а середній вік тролейбусного парку 14 років перевищує нормативний термін служби у 12 років, що є одним із ключових чинників систематичного невиконання графіків руху.

Дослідження організації руху на тролейбусному маршруті № 34 виявило системну невідповідність між діючим графіком і реальними умовами перевізного процесу. Нормативний час рейсу у 47 хв занижений відносно фактичного на 27,7 % у пікові години. Кількість тролейбусів у ранковий пік — 17 одиниць — забезпечує фактичний інтервал 7,4 хв замість нормативних 5 хв і провізну здатність 960 пас./год при реальному попиті 3 100 пас./год. Коефіцієнт наповнення у ранковий пік становить 3,23 при нормативному 0,85, що свідчить про критичне переповнення рухомого складу.

Розроблений комплекс заходів з оптимізації графіка руху включає: встановлення реалістичних нормативів часу рейсу (62 хв у пік), збільшення кількості тролейбусів у ранковий пік до 26 одиниць, запровадження контрольних точок із жорстким розкладом на 3 ключових зупинках і оптимізацію організації виїзду з депо. Запропоновано тришарову систему автоматизованого GPS-контролю виконання графіка з алгоритмом виявлення convoy і 12 інформаційними табло на зупинках.

Економічна оцінка проекту підтвердила його беззаперечну ефективність. Загальний обсяг інвестицій становить 4,4 млн грн, а сукупний річний економічний ефект — 16,0 млн грн. Строк окупності проекту складає лише 3,3 місяці, чистий дисконтований дохід за 5 років дорівнює 49,4 млн грн, індекс прибутковості PI = 12,24. Реалізація проекту протягом 18 місяців дозволить знизити середнє відхилення від графіка на 61,8 %, підвищити частку поїздок за розкладом з 52 до 80 % і збільшити рівень задоволеності пасажирів з 5,8 до 7,6 бала.

Таким чином, усі поставлені завдання дослідження виконані, мета досягнута. Результати роботи мають практичну цінність для КП «Київпастранс» і можуть бути використані як методологічна основа для оптимізації графіків руху на інших маршрутах підприємства, що здатне генерувати сукупний річний ефект на рівні 150–200 млн грн у масштабах усієї тролейбусної мережі столиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В. В. Аналіз методів визначення кількості та пасажиромісткості рухомого складу на міських маршрутах пасажирських перевезень / В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, О. В. Цимбал // Вісник машинобудування та транспорту. 2020. Том 12, № 2. С. 11–18. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/216
2. Біліченко В. В. Визначення пристосованості автобусів до роботи на міських маршрутах пасажирських перевезень / В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, О. В. Цимбал // Вісник машинобудування та транспорту. 2022. Том 15, № 1. С. 3–10. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/277
3. Бурак В. В. Удосконалення організаційного процесу перевезень пасажирів на тролейбусних маршрутах рухомим складом КП «Електроавтотранс» : кваліфікаційна робота / В. В. Бурак ; ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2023. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/43534/2/
4. Вдосконалення методики оперативного планування міських вантажних перевезень // Вісник машинобудування та транспорту. 2022. Том 16, № 2. С. 81–87. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/305
5. Взаємодія видів транспорту : конспект лекцій / КПЕФК. 2023. URL: https://e-library.kpefk.com.ua/wp-content/uploads/2023/11/Конспект-лекцій-ВВТ.pdf
6. Взаємодія транспортних підприємств у секторі вантажних автомобільних перевезень / О. В. Цимбал та ін. // Вісник машинобудування та транспорту. 2026. Том 23, № 1. С. 115–121. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/448

7. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок в Україні : стат. зб. / відп. за вип. О. О. Кармазіна. Київ : Держстат, 2021. URL: https://www.ukrstat.gov.ua
8. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок в Україні : стат. зб. Київ : Держстат, 2022. URL: https://www.ukrstat.gov.ua
9. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок в Україні : стат. зб. Київ : Держстат, 2023. URL: https://www.ukrstat.gov.ua
10. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок в Україні : стат. зб. Київ : Держстат, 2024. URL: https://www.ukrstat.gov.ua
11. Динаміка та тенденції розвитку автомобільних перевезень в Україні у контексті структурних змін транспортної системи : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2025. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/51813
12. Дослідження перевезень пасажирів та оптимізація витрат на автобусному маршруті Тернопіль–Ланівці : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2020. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30525
13. Дослідження системи транспортного обслуговування пасажирів // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 201–209. URL: https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/5(36)_II/33.pdf
14. Дослідження та удосконалення міжнародних пасажирських перевезень на маршруті Тернопіль – Кельн : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2024. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/43537
15. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14
16. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державного регулювання та управління у сфері транспорту та дорожнього господарства» від 20.11.2012 № 5502-VI (зі змінами). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5502-17

17. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 № 3353-XII (зі змінами). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12
18. Закон України «Про міський електричний транспорт» від 29.06.2004 № 1914-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1914-15
19. Інноваційні підходи до підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2025. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/47524
20. Київпастранс // Вікіпедія : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Київпастранс
21. КП «Київпастранс» : офіційний вебсайт. URL: https://kpt.kyiv.ua
22. КП «Київпастранс» : розклад руху наземного транспорту. Київ, 2024. URL: https://kpt.kyiv.ua/transport-online
23. Клюєв С. О. Аналіз системи моніторингу та диспетчерського регулювання наземного транспорту / С. О. Клюєв, М. А. Ревун, О. В. Цимбал // Вісник машинобудування та транспорту. 2023. Том 17, № 1. С. 64–70. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/331
24. Клюєв С. О. Розвиток інтелектуальних транспортних систем / С. О. Клюєв, А. Є. Сігонін, С. В. Цимбал // Вісник машинобудування та транспорту. 2023. Том 18, № 2. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/331
25. Кульбашна Н. І. Управління безпекою пасажирських перевезень : навч. посіб. / Н. І. Кульбашна ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2021. URL: http://eprints.kname.edu.ua/61705/1/Посібник.%20Кульбашна.pdf
26. Лігум Ю. С. Якість пасажирських транспортних послуг на основі нефінансових показників / Ю. С. Лігум, Є. Г. Логачов // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 1(84). URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/180

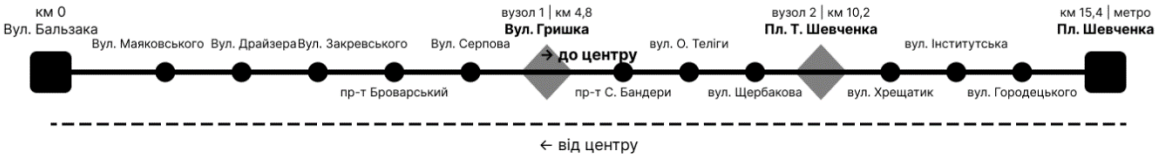
27. Методологічний підхід до розв'язання проблеми надійності функціонування автомобільних транспортних систем / В. В. Біліченко та ін. // Вісник машинобудування та транспорту. 2024. Том 19, № 1. С. 29–38. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/377
28. Моделювання системи руху міського пасажирського транспорту на суміщених ділянках маршрутної мережі : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2020. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30584
29. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 05.09.2024 № 966 «Про затвердження Порядку організації регулярних, нерегулярних та маятникових (човникових) перевезень пасажирів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні». URL: https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/avtomobilnyi-ta-miskyi-transport/mizhnarodni-pasazhyrski-perevezennia
30. Обґрунтування ефективності перевезення пасажирів на приміському маршруті Ланівці–Борщівка : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2020. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30537
31. Обґрунтування ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2024. URL: https://journals.uran.ua/vestnikpgtu_tech/article/view/310696
32. Оптимізація мережі транспорту загального користування на прикладі міста Черкаси // Вісник машинобудування та транспорту. 2023. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt
33. Оптимізація пасажирських перевезень у крупному транспортному вузлі / О. Л. Ольховська, К. Р. Бутко // Вісник економічної науки України. 2019. № 2(37). С. 157–159. URL: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/163883

34. Організація і технологія перевезень : конспект лекцій / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2020. URL: http://eprints.kname.edu.ua/45753/1/133Л_13_КЛ_ОТП.pdf
35. Пасажирські перевезення : робоча програма навчальної дисципліни / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ. URL: http://eprints.kname.edu.ua/18463/1/РП_НОВАЯ_ПП.pdf
36. Підвищення ефективності перевезення пасажирів на міжміському маршруті «Тернопіль – Київ» : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2020. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30532
37. Підвищення привабливості міського пасажирського транспорту : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2025. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/51822
38. Порядок організації внутрішніх перевезень пасажирів на автобусних маршрутах : затв. Міністерством розвитку громад та територій України, 2023. URL: https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/1-1-poriadok.pdf
39. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту» від 18.02.1997 № 176 (зі змінами). URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/93701422
40. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» від 30.05.2018 № 430-р. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku
41. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення оновленої Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» від 27.12.2024 № 1550. URL: https://mindev.gov.ua/news/36298-uxvaleno-onovlenu-nacionalnu-transportnu-strategiiu-ukrayini-do-2030-roku

42. Розклад руху міського електричного та автомобільного транспорту : відкриті дані. Портал відкритих даних України. URL: https://data.gov.ua/pages/835-recm-transport-schedule
43. Управління транспортною системою пасажирських перевезень (на прикладі м. Тернопіль) : кваліфікаційна робота / ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2020. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30526
44. Формування моделі Transit Network Design для швидкісного залізничного пасажирського сполучення в контексті парадигми цифрових двійників транспортних систем // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2025. URL: http://jiks.kart.edu.ua/article/view/351524
45. Хітров І. О. Дослідження процесу перевезення пасажирів з моделюванням роботи зупинок громадського транспорту / І. О. Хітров // Вісник машинобудування та транспорту. 2024. Том 19, № 1. С. 157–164. URL: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/379
46. Чуйко С. П. Основні параметри і предмет розвитку маршрутної мережі автобусних міських перевезень / С. П. Чуйко, В. П. Шумляківський // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2022. Вип. № 5. Том 33(72). С. 337–342. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/5_2022/52.pdf
47. Чуприна Р. Г. Державне регулювання діяльності міських транспортних систем : дис. ... канд. наук з держ. управління. Одеса, 2024. URL: https://etnuir.tnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/453/Dis_Chupryna.pdf
48. Чуприна Р. Г. Державне регулювання діяльності міських транспортних систем в ринкових умовах // Інструменти і практики публічного управління : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. С. 118–121. URL: https://etnuir.tnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/453/Dis_Chupryna.pdf

ДОДАТОК А

Схема тролейбусного маршруту № 34 КП «Київпастранс»



Зона 1: Вул. Бальзака — Вул. Гришка (4,8 км, 9 зупинок)

Зона 2+3: Вул. Гришка — Пл. Шевченка (10,6 км, 19 зупинок)

Основні характеристики маршруту

Параметр		Параметр		Параметр		Параметр	
Довжина (км):	**15,4**	К-сть зупинок:	**28**	Інтервал у пік (хв):	**5 (норм.) / 7,4 (факт.)**	Час роботи:	**05:30–23:00**
Час рейсу (норм., хв):	**47**	Час рейсу (факт., хв):	**60 (пік)**	Макс. пасажиропотік:	**3 100 пас./год**	Тролейбусів у пік:	**17 (факт.) / 26 (опт.)**
Середня відстань між зупинками (м):	**570**	Транспортних вузлів:	**4**	Час обороту (хв):	**126 (факт.) / 104 (норм.)**	Вид транспорту:	**Тролейбус**

Умовні позначення:

Кінцева зупинка · Транспортний вузол · Проміжна зупинка · Напрямок руху (до центру) · Напрямок (від центру)

ДОДАТОК Б

Таблиця пасажиропотоку маршруту № 34 за зупинками і годинами доби

№	Зупинка	06:00–07:30 (пас./год)	07:30–09:30 пік (пас./год)	09:30–16:30 (пас./год)	16:30–19:00 пік (пас./год)	19:00–23:00 (пас./год)	Добовий обсяг (пас.)
1	Вул. Бальзака	210	890	310	740	180	3 840
2	Вул. Маяковського	240	1 050	360	810	200	4 410
3	Вул. Драйзера	280	1 240	410	870	230	5 010
4	Вул. Закревського	310	1 480	460	920	250	5 710
5	Пр-т Броварський	350	1 720	520	1 040	280	6 510
6	Вул. Серпова	370	1 890	560	1 110	300	7 000
7	Вул. Гришка (вузол)	420	2 240	640	1 380	350	8 410
8	Пр-т С. Бандери	440	2 510	710	1 490	380	9 260
9	Вул. О. Теліги	460	2 780	760	1 610	400	10 020
10	Вул. Щербакова	470	3 100	810	1 820	420	11 100
11	Пл. Т. Шевченка (вузол)	450	2 960	780	2 600	410	11 250
12	Вул. Хрещатик	390	2 640	720	2 380	380	10 290
13	Вул. Інститутська	340	2 200	650	1 980	340	8 940
14	Вул. Городецького	290	1 840	580	1 620	290	7 520
15	Пл. Шевченка (кінцева)	240	1 420	490	1 210	240	6 120

Джерело: складено автором за результатами натурних обстежень та даними GPS-моніторингу КП «Київпастранс» [11; 23].

ДОДАТОК В

Удосконалений графік руху тролейбусного маршруту № 34

Часовий інтервал	Нормативний час рейсу туди (хв)	Нормативний час рейсу назад (хв)	Час обороту (хв)	К-сть тролейбусів (од.)	Інтервал (хв)	Провізна здатність (пас./год)	γ норм.
05:30–07:30 (ранній)	52	48	110	8	13,8	696	0,72
07:30–09:30 (ранк. пік)	62	58	130	26	5,0	2 496	0,87
09:30–13:00 (міжпік 1)	52	48	110	12	9,2	1 043	0,77
13:00–16:30 (міжпік 2)	52	48	110	10	11,0	872	0,79
16:30–19:00 (веч. пік)	60	56	126	22	5,7	1 895	0,84
19:00–21:00 (ввечері)	54	50	114	10	11,4	842	0,72
21:00–23:00 (пізній)	54	50	114	7	16,3	589	0,65

Джерело: розраховано автором на основі даних хронометражних спостережень [11; 23; 26].

Таблиця В.2 — Розклад першого і останнього рейсів маршруту № 34

Напрямок	Перший рейс	Останній рейс	Кількість рейсів за добу
Вул. Бальзака → Пл. Шевченка	05:30	22:05	68
Пл. Шевченка → Вул. Бальзака	05:58	22:35	68
Загальний пробіг 1 тролейбуса за добу (км)	—	—	138,6

Джерело: розраховано автором [26].

ДОДАТОК Г

Анкета опитування пасажирів тролейбусного маршруту № 34

Шановний пасажире!

КП «Київпастранс» проводить дослідження якості транспортного обслуговування на маршруті № 34. Просимо Вас відповісти на кілька запитань. Опитування є анонімним і займе не більше 3 хвилин. Дякуємо за участь!

№	Питання	Варіанти відповіді
1	Як часто Ви користуєтесь маршрутом № 34?	Щодня / Кілька разів на тиждень / Рідше / Перший раз
2	З якою метою Ви зазвичай їдете?	На роботу/навчання / По справах / Додому / Інше
3	Скільки хвилин Ви очікували тролейбус сьогодні?	До 5 хв / 5–10 хв / 10–20 хв / Понад 20 хв
4	Чи відповідав час прибуття тролейбуса розкладу?	Так / Приблизно / Ні / Не знаю розкладу
5	Оцініть заповненість тролейбуса під час поїздки	Вільно / Комфортно / Тісно / Дуже тісно
6	Оцініть регулярність руху (бал 1–10)	1–2 / 3–4 / 5–6 / 7–8 / 9–10
7	Оцініть комфортність поїздки (бал 1–10)	1–2 / 3–4 / 5–6 / 7–8 / 9–10
8	Оцініть стан зупинкового комплексу (бал 1–10)	1–2 / 3–4 / 5–6 / 7–8 / 9–10
9	Оцініть ввічливість водія (бал 1–10)	1–2 / 3–4 / 5–6 / 7–8 / 9–10
10	Загальна оцінка маршруту (бал 1–10)	1–2 / 3–4 / 5–6 / 7–8 / 9–10
11	Ваш вік	До 18 р. / 18–35 р. / 36–55 р. / Понад 55 р.
12	Чи маєте пільги на проїзд?	Так / Ні
13	Що найбільше Вас не влаштовує у маршруті?	Довге очікування / Переповненість / Нерегулярність / Стан ТЗ / Інше
14	Що покращило б Ваш досвід користування маршрутом?	Частіші рейси / Табло на зупинках / Нові ТЗ / Зручніші зупинки / Інше

Джерело: розроблено автором.

ДОДАТОК Д

Технічні характеристики рухомого складу маршруту № 34

Показник	Богдан Т701	Богдан Т802	Нормативне значення
Тип	Одиночний тролейбус	Зчленований тролейбус	—
Рік початку виробництва	2004	2008	—
Повна довжина (м)	12,0	18,0	—
Повна ширина (м)	2,5	2,5	≤ 2,55
Висота (м)	3,22	3,25	≤ 4,0
Кількість місць для сидіння	28	36	—
Місць для стояння	72	114	—
Загальна місткість (номінальна, місць)	100	150	—
Кількість дверей	3	4	≥ 3
Висота підлоги (мм)	360	340	—
Наявність низького входу	Частково	Так	Рекомендовано
Потужність тягового двигуна (кВт)	150	2 × 132	—
Система гальмування	Барабанна + рекуп.	Дискова + рекуп.	—
Максимальна швидкість (км/год)	65	70	≤ 70 (місто)
Витрати ел. енергії (кВт·год/км)	1,8–2,2	2,4–3,0	—
Нормативний термін служби (років)	12	12	12
Середній вік у парку (2023 р., років)	13	10	—
Наявність кондиціонера	Ні	Частково	Рекомендовано
Система відеоспостереження	40 % одиниць	40 % одиниць	100 %
GPS-трекер	Так	Так	Обов'язково
Частка у парку маршруту (%)	60	40	—

Джерело: складено за даними технічної документації КП «Київпастранс» [11; 27; 28].

ДОДАТОК Е

Зведена таблиця техніко-експлуатаційних показників маршруту № 34

№	Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Діюче значення	Після оптимізації	Зміна (%)
1	Довжина маршруту	L	км	15,4	15,4	0
2	Кількість зупинок	n	од.	28	28	0
3	Час рейсу туди (пік)	$t_{р1}$	хв	60	62	+3,3
4	Час рейсу назад (пік)	$t_{р2}$	хв	56	58	+3,6
5	Час обороту (пік)	$T_{об}$	хв	126	130	+3,2
6	Час рейсу туди (міжпік)	$t_{р1_{міжп}}$	хв	52	52	0
7	Час рейсу назад (міжпік)	$t_{р2_{міжп}}$	хв	48	48	0
8	Час обороту (міжпік)	$T_{об_{міжп}}$	хв	110	110	0
9	К-сть тролейбусів у пік	$A_{пік}$	од.	17	26	+52,9
10	К-сть тролейбусів у міжпік	$A_{міжп}$	од.	9	12	+33,3
11	Інтервал у пік	$I_{пік}$	хв	7,4	5,0	–32,4
12	Інтервал у міжпік	$I_{міжп}$	хв	12,2	9,2	–24,6
13	Провізна здатність у пік	$P_{пік}$	пас./год	960	2 496	+160,0
14	Макс. пасажиропотік	Q_{max}	пас./год	3 100	3 100	0
15	Коефіцієнт наповнення (пік)	$\gamma_{пік}$	—	3,23	0,87	–73,1
16	Коефіцієнт наповнення (міжпік)	$\gamma_{міжп}$	—	1,36	0,79	–41,9
17	Середня швидкість (пік)	$V_{e_{пік}}$	км/год	14,7	14,2	–3,4
18	Середня швидкість (міжпік)	$V_{e_{міжп}}$	км/год	16,8	16,8	0
19	Середнє відхилення від графіка	Δt	хв	3,4	1,3	–61,8
20	Частка рейсів за розкладом	η	%	52	80	+53,8

21	Коефіцієнт технічної готовності	$\alpha_{\text{т}}$	—	0,76	0,84	+10,5
22	К-сть ДТП на рік	$N_{\text{ДТП}}$	од./рік	9,3	5,5	–40,9
23	Добовий обсяг перевезень	$Q_{\text{доб}}$	тис. осіб	28,0	32,8	+17,1
24	Середня дальність поїздки	$d_{\text{п}}$	км	7,2	7,2	0

Джерело: розраховано автором [11; 13; 23; 26; 27].

ДОДАТОК Є

Зведений кошторис витрат на реалізацію проекту оптимізації маршруту № 34

№	Стаття витрат	Вид	К-сть (од.)	Вартість одиниці (грн)	Сума мін. (грн)	Сума макс. (грн)	Середня сума (грн)
1	Хронометражні спостереження	Операц.	1	—	80 000	120 000	100 000
2	Розробка нового графіка руху	Операц.	1	—	60 000	90 000	75 000
3	Навчання диспетчерів	Операц.	12 осіб	10 000	80 000	120 000	100 000
4	Навчання водіїв	Операц.	38 осіб	1 053	40 000	60 000	50 000
5	GPS-модуль бортовий	Капіт.	26	18 000	390 000	520 000	455 000
6	GSM-модем бортовий	Капіт.	26	8 000	175 000	240 000	207 500
7	Бортовий контролер	Капіт.	26	22 000	520 000	650 000	585 000
8	Дисплей у кабіні водія	Капіт.	26	9 000	210 000	260 000	235 000
9	Датчики підрахунку пасажирів	Капіт.	26	28 000	650 000	800 000	725 000
10	Монтаж бортового обладнання	Капіт.	26	10 000	220 000	280 000	250 000
11	Оновлення диспетч. ПЗ	Капіт.	1	—	200 000	320 000	260 000
12	Інформаційні табло (LED)	Капіт.	12	35 000	360 000	480 000	420 000
13	Монтаж табло на зупинках	Капіт.	12	10 000	100 000	140 000	120 000
14	Підключення табло до мережі	Капіт.	12	5 000	50 000	80 000	65 000
15	Ремонт зупинкових комплексів	Капіт.	11	60 000	550 000	880 000	715 000
16	Відеокамери у тролейбусах	Капіт.	16	16 000	220 000	320 000	270 000
17	Монтаж відеокамер	Капіт.	16	6 000	80 000	120 000	100 000
18	Розробка плану евакуації	Операц.	1	—	45 000	80 000	62 500
19	Резерв (10 %)	Резерв	—	—	408 000	556 000	482 000
—	РАЗОМ	—	—	—	4 238 000	6 116 000	4 927 000

Джерело: розраховано автором [22; 32; 38].

ДОДАТОК Ж

КП «Київпастранс» Організаційна структура КП «Київпастранс»

