

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

на тему **Удосконалення організації перевезень пасажирів
на міському автобусному маршруті № 204 м. Харкова**

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

Коміхов І. О.

Керівник: Вакуленко К. Є.

Рецензент: Кошутков Д. М.

Харків 2026 рік

**Харківська національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

проф. Куш С. І.

2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Коміхову Івану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення організації перевезень
пасажирів на міському автобусному маршруті № 204 м. Харкова

керівник проекту (роботи) Вакуленко Катерина Світлівна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, повне ім'я студента, місце роботи)

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

Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Обсяги перевезень пасажирів, схема
автобусного маршруту №204, вихідні дані щодо інтенсивності руху на
заданому перехресті

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розвинути) Вступ 1. Аналіз сучасного стану організації перевезень

пасажирів у містах 2. Організація перевезень пасажирів на автобусному
маршруті №204 м. Харків 3. Організація руху на
перехресті

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання	завдання
			видав	прийняв
Перевірка на підпис		Інженер кафедри ТОВТ Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану організації перевезень пасажирів у містах	01.04 -15.04.26	
2	Організація перевезень пасажирів на автобусному маршруті №204 м. Харків	16.04-15.06.26	
3	Організація руху на перехресті	16.05-31.05.26	
4	Оформлення пояснювальної записки	01.06-10.06.26	
5	Оформлення презентації до ДП	01.04 -15.04.26	

Студент

12/01/2018

КОМІХОВ І. О.

1 10/11/2012 20:10:14

Керівник роботи

У

Вакулєнко К.Є.

המחיר: 100 ש"ח

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 51 сторінку друкованого тексту, 18 рисунків, 15 таблиць, 6 джерел та 1 додаток.

Об'єкт дослідження: організація перевезень пасажирів на автобусному маршруті №204 в м. Харків.

Мета роботи: проєктування організації пасажирських перевезень на маршруті.

Методи дослідження: графо-аналітичний, розрахунково-табличний.

Отримані результати: проаналізовано особливості функціонування автобусного маршруту №204 м. Харкова. Проведено обстеження пасажиропотоків, розраховано основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту, визначено потребу в транспортних засобах за годинами доби, виконано графо-аналітичний розрахунок, сформовано стрічковий графік та розклад руху автобусів.

Для досліджуваного перехрестя виконано аналіз транспортних і пішохідних потоків, визначено необхідну кількість смуг руху та розраховано потоки насичення. Розроблено трифазну схему світлофорного регулювання з тривалістю циклу 75 с та побудовано циклограму роботи світлофорного об'єкта. За результатами оцінювання ефективності середньозважена затримка транспортних засобів становить 32,6 с, а показник складності перехрестя - 16, що характеризує його як простий транспортний вузол.

Рекомендації з впровадження: результати дослідження можуть бути використані під час удосконалення організації перевезень на автобусному маршруті №204 м. Харкова та організації дорожнього руху на міських перехрестях.

МІСЬКИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ, АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ,
ПАСАЖИРОПОТІК, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, СВІТЛОФОРНЕ
РЕГУЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СВІТОВИЙ ДОСВІД ЩОДО ЗАПРОВАДЖЕННЯ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	7
1.1 Актуальні напрямки розвитку та удосконалення міських пасажирських перевезень: світовий досвід	7
1.2 Фактори, що впливають на задоволеність користувачів громадського транспорту	8
1.3 Підходи щодо розвитку міського пасажирського транспорту в містах України	10
1.4 Висновки по розділу	11
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ №204 М. ХАРКІВ	13
2.1 Характеристика об'єкту дослідження	13
2.2 Характеристика автобусного маршруту №204	18
2.3 Визначення показників роботи маршруту	21
2.4 Формування розкладу руху транспортних засобів та роботи водіїв	27
2.5 Висновки по розділу	30
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ	32
3.1 Характеристика руху на перехресті	32
3.2 Вибір кількості смуг руху	34
3.3 Визначення потоків насичення	36
3.4 Розрахунок режиму роботи світлофорної сигналізації	37
3.5 Оцінка якості схеми організації дорожнього руху	41
3.6 Висновки по розділу	44
ВИСНОВКИ	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	48
ДОДАТОК А	49

ННІЕТІ ТСУ ТТ 2022-2 ТТ ХХХ...ХІІЗ					Лист		
Дана	Дана	Дана	Дана	Дана	Архив		
Розроб	Калішова І. О.	Виконав	Виконав	Виконав	Архив		
Перевір	Виконав К.С.	Виконав	Виконав	Виконав	Архив		
Ді. Констр.	Виконав І.	Виконав	Виконав	Виконав	Архив		
Ді. Констр.	Виконав І.	Виконав	Виконав	Виконав	Архив		

ВСТУП

Сучасний розвиток міст супроводжується постійним зростанням потреб населення у якісних, безпечних та доступних транспортних послугах. Міський пасажирський транспорт є одним із ключових елементів транспортної системи, оскільки забезпечує мобільність населення, доступ до місць праці, навчання, відпочинку та об'єктів соціальної інфраструктури. Від ефективності його функціонування значною мірою залежать рівень життя населення, економічний розвиток міста та екологічний стан міського середовища.

Особливої актуальності ці питання набувають для великих міст України, зокрема для Харкова, де громадський транспорт виконує важливу соціальну та економічну функцію. Забезпечення стабільної роботи маршрутної мережі, підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів, оптимізація використання рухомого складу та транспортної інфраструктури є важливими завданнями розвитку міської транспортної системи.

Одним із важливих елементів мережі громадського транспорту Харкова є автобусний маршрут №204, який забезпечує транспортне сполучення між житловими районами, станцією метрополітену та основними об'єктами тяжіння пасажирів. Значний обсяг перевезень, наявність дублюючих маршрутів та зміни у структурі пасажиропотоків обумовлюють необхідність дослідження особливостей його функціонування та пошуку шляхів підвищення ефективності роботи маршруту.

РОЗДІЛ I

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСТАХ

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

Розвиток міських перевезень, як в Україні так і в країнах Європи потребує покращень з багатьох сторін. Наприклад розширено електрифікацію громадського транспорту в містах. В країнах Європи активно застосовують повністю електричні автобуси (ЕА). На мою думку це є дуже перспективним завдяки своїй високій енергосфektivності. Пробні маршрути ЕА, створені в багатьох містах, дозволяють проводити випробування в різних умовах руху: однак, все ще існує потреба в етапних маршрутах, розташованих у складних умовах з деякими вимогливими ділянками [1].

Перехід на електромобілі є одним із найважливіших викликів нашого часу. Під впливом екологічних, кліматичних, економічних, демографічних та соціальних факторів, створення стійких, екологічних, ефективних та маловпливових рішень для мобільності стало одним із головних пріоритетів Європи, та є центральним для кількох європейських проєктів, таких як STILVE та ZeEUS. У цій статті йде мова про те, що Європа прагне кліматично нейтральним континентом до 2050 року. На мою думку це цілком можливо.

Багато проблем, що перешкоджають розгортання електромобілів (дальність ходу, доступність зарядної інфраструктури), не застосовуються так само до автобусів, оскільки їхні щоденні дальності та маршрути загальновідомі, фіксовані та повторювані, що дозволяє стратегічно розвивати транспортні засоби та маршрути для забезпечення максимальної ефективності та надійності.

Дійсно, деякі рішення на основі електроенергії для автобусів та їхніх зарядних станцій вже впроваджено. Toshiba випробувала автобус середнього розміру Toshiba з бездротово заряджасним літій-іонним акумулятором SCiBTM, кілька компаній пропонують модернізацію існуючих автобусів для забезпечення їх електричним приводом.

На мою думку застосування цих заходів дуже сильно вплине на здоров'я населення оскільки буде знижено рівень забруднення міст. Зниження рівня забрудненості це та проблема з якою країни Європи ведуть боротьбу дуже багато років і на високому рівні. Повний перехід на електромобілі дуже пок У цій статті є інформація, що у Женеві, то завдяки автобусам-електростанціям було зекономлено 1000 тонн CO₂, поді як деякі маршрути в Петербурзі, як повідомляється, стали тихішими, з автобусами без викидів, зручними для пасажирів, кращить цю ситуацію [1].

1.2. Фактори, що впливають на задоволеність користувачів громадського транспорту

За допомогою факторного аналізу було визначено три переважні фактори: якість сервісу, виробництво послуг та якість трансферів, а також послуги з продажу квитків. Вплив інших специфічних умов, таких як суттєві зміни в мережі, досліджували Аллен та ін. [1].

Автори оцінили вплив радикальної реформи автобусної мережі Барселони на задоволеність користувачів, скоротивши час поїздки, але збільшивши кількість пересадок. Їхні результати показали, що користувачі цінують надійність понад інші латентні конструкції [1].

Також, я хотів би розглянути модель електрифікації ліній міського громадського транспорту автобусами на суперконденсаторах. А саме для цього розглянути місто Белград. Основною метою запропонованого дослідження є сприяння впровадженню електробусів, оснащених виключно

суперконденсаторами. Для цього було розроблено та протестовано модель впровадження та експлуатації цих автобусів в СРТ на вибраних автобусних лініях у місті Белград (Республіка Сербія) [2]. У цій статті є інформація про те, що SCЕМ було протестовано в реальних умовах експлуатації на чотирьох автобусних лініях, що проходять через центральну частину Белграда, забезпечуючи ефективне та економічне рішення для електрифікації автобусних ліній шляхом впровадження електробусів, оснащених суперконденсаторами.

Моделювання споживання енергії між зупинками було проведено за допомогою програмного забезпечення для моделювання IGNITE, враховуючи технічні характеристики електробусів та умови експлуатації на розглянутих лініях (профілі швидкості, ухили дороги, кількість пасажирів, споживання допоміжним обладнанням тощо), показуючи, що таке визначене споживання енергії може відрізнятись до 45% від середнього лінійно-залежного від пробігу споживання енергії [2]. Белград є столицею Республіки Сербія з населенням близько 2 мільйонів жителів та дуже розгалуженою мережею ліній СРТ, де автобусна система домінує за кількістю ліній та парку, більшість з яких мають дизельні двигуни. Конфігурація місцевості в Белграді переважно горбиста, що впливає на складність експлуатації транспортних засобів [2].

На мою думку, факти які є у цій статті, дуже сильно свідчать про те, що Сербії дуже важливо перейти на електромобіль, тому що як сказано вище, Сербія має більшість автобусів з дизельним двигуном. А як ми знаємо, що диз-паливо має чималі найбільший негативний вплив на навколишнє середовище. На мою думку, перехід на електромобілі, дуже покращить ситуацію для населення цієї держави.

Міжнародний досвід свідчить, що модернізація пасажирських перевезень - це комплексний процес, де ключовими є цифровізація, екологічність, мультимодальність, інклюзивність і орієнтація на пасажирів. Міста, які впроваджують ці принципи, отримують більш ефективні, доступні

й комфортні транспортні системи, що сприяють сталому розвитку та зменшенню транспортних проблем.

1.3 Підходи щодо розвитку міського пасажирського транспорту в містах України

Сучасний стан міського пасажирського транспорту в Україні характеризується низкою системних проблем, які накопичувалися протягом тривалого часу та загострилися в умовах повномасштабної війни. До основних викликів належать зношеність рухомого складу, незадовільний стан транспортної інфраструктури, недостатня ефективність управління та дефіцит кваліфікованих кадрів. Це негативно впливає на якість транспортного обслуговування населення та ефективність функціонування транспортної системи загалом [3].

Одним із ключових напрямів розвитку міського пасажирського транспорту є впровадження сучасних підходів до управління та планування. Серед основних проблем галузі виділяють відсутність комплексної системи збору та обробки транспортних даних, недостатній рівень довгострокового планування, недосконалість механізмів контролю ефективності управлінських рішень і слабку взаємодію між органами місцевого самоврядування, транспортними підприємствами та користувачами транспортних послуг [3].

Важливого значення набуває впровадження європейських підходів до організації міської мобільності, що передбачають цифровізацію транспортних процесів, використання даних для прийняття управлінських рішень, розроблення планів сталої міської мобільності та підвищення якості транспортних послуг. Особливу увагу необхідно приділяти оновленню рухомого складу та розвитку екологічно чистих видів транспорту. З огляду на євроінтеграційний курс України перспективним напрямом є поступова електрифікація міських перевезень шляхом розвитку тролейбусного

трамвайного та електробусного сполучення, що сприятиме зменшенню шкідливих викидів і підвищенню екологічної безпеки міського середовища.

Отже, розвиток міського пасажирського транспорту в містах України має базуватися на комплексному поєднанні сучасних управлінських підходів, стратегічного планування, цифрових технологій та екологізації транспортної системи відповідно до європейських стандартів сталого розвитку [3].

1.4 Висновок по розділу

За результатами проведеного дослідження, можна стверджувати, що сучасний розвиток міських пасажирських перевезень у світі ґрунтується на комплексному підході, який об'єднує електрифікацію транспорту, цифрові технології та вдосконалення організації транспортних процесів. Основними напрямками цього розвитку є електричний рухомий склад, використання відновлюваних джерел енергії, впровадження інтелектуальних транспортних систем, розвиток пріоритетної інфраструктури для громадського транспорту (виділені смуги руку.), а також залучення фінансових ресурсів за допомогою сучасних механізмів, зокрема державно-приватного партнерства.

Для українських міст міжнародний досвід має важливе значення, однак його впровадження повинно враховувати національні особливості та існуючі проблеми. Серед ключових напрямів розвитку електричного транспорту в Україні доцільно виділити комплексне оновлення рухомого складу та транспортної інфраструктури, підтримку та розвиток громадського електротранспорту, використання енергоощадних технологій, таких як рекуперація енергії та автономний рух, залучення інвестицій через механізми державно-приватного співробітництва, а також поетапне впровадження цифрових рішень для підвищення ефективності роботи транспортної системи.

Отже, результативність модернізації міського транспорту в Україні значною мірою залежатиме від здатності адаптувати передові світові практики

до вітчизняних умов, враховуючи проблеми зношеності інфраструктури, обмеженість фінансових ресурсів та необхідність підвищення якості транспортних послуг.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ №204 м. ХАРКІВ

2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Місто Харків є адміністративним центром Харківської області та одним із найбільших міст України. Територія міста поділяється на дев'ять адміністративних районів: Шевченківський, Київський, Холодногірський, Нємишлянський, Новобаварський, Слобідський, Індустріальний, Салтівський та Основ'янський. Схема розташування районів міста наведена на рис. 2.1

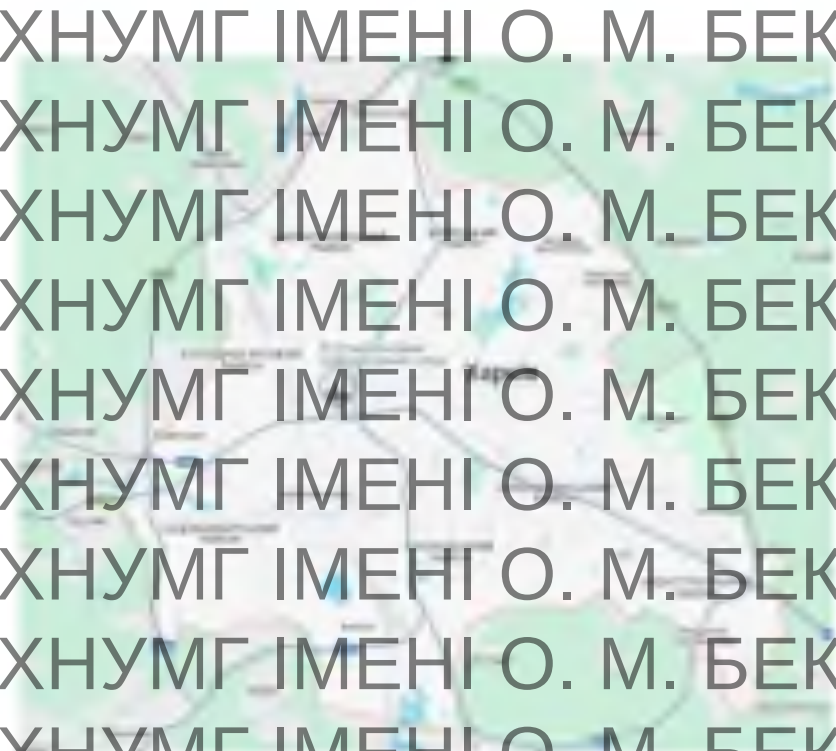


Рисунок 2.1 – Райони м. Харків

У межах даного дослідження розглядається автобусний маршрут №204 міста Харкова. Цей маршрут відіграє важливу роль у транспортному обслуговуванні мешканців району, оскільки забезпечує зручне сполучення зі станціями метрополітену (рис. 2.2). Маршрут проходить через низку значних

об'єктів тяжіння пасажирів, серед яких ТРЦ «Україна», Регіональний центр послуг, Новосалтівський ринок, льодовий комплекс «Салтівський лід», парк Перемоги та Харківський палац дитячої та юнацької творчості. Крім того, на своєму шляху він перетинається з іншими маршрутами громадського транспорту, що створює зручні умови для пересадок. Завдяки цьому маршрут №204 користується значною популярністю серед жителів міста та характеризується стабільним пасажиропотоком.

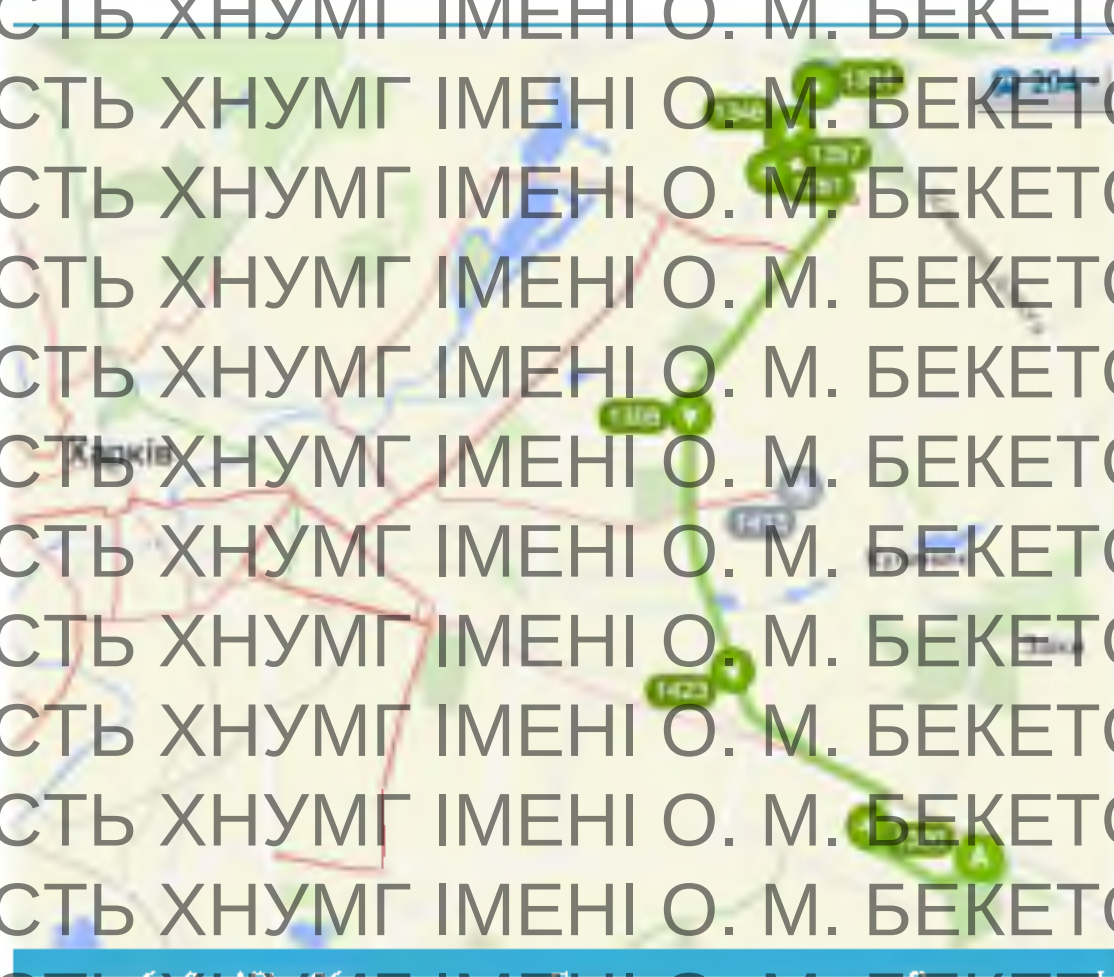


Рисунок 2.2 Райони через які курсує маршрут №204

Для оцінювання рівня доступності маршруту № 204 було проведено обстеження транспортних засобів, зупиночної інфраструктури та інформаційного забезпечення з позицій потреб маломобільних груп населення. Аналіз здійснювався за основними категоріями бар'єрів доступності, що

охоплюють фізичні характеристики середовища, особливості конструкції транспортних засобів, інфраструктурні рішення та якість інформаційно-комунікаційного супроводу. Результати обстеження наведено в табл. 2.1, де позначкою «+» відмічено наявність бар'єра, а «-» - його відсутність.

Таблиця 2.1 – Бар'єри доступності на маршруті №204

Фізичні бар'єри	
Поганий стан зупинок	+
Відсутність пандусів, мови ліфтів	+
Погане технічне обслуговування автомобіля	!
Високі тарифи на проїзд	-
Прокрутування транспортних засобів	-
Відсутність місць для вїзка/багажу	-
Відсутність пріоритетних місць	-
Вузькі двері та проходи	-
Високі проміжки між автобусом та платформою	+
Дизайн інфраструктури	-
Відсутній контраст/контраст сходінку та поручнів	+
Відсутність об'єктів оплати проїзду	-
Поручні з ускладненим доступом	-
Відсутність достатнього освітлення	+
Комунікація та інформація	-
Труднощі з пошуком інформації	-
Недостатність каналів зв'язку	+
Відсутність багатомовної інформації	+

Маршрут № 204 потребує подальшого вдосконалення транспортної інфраструктури та інформаційного забезпечення для підвищення рівня його доступності та комфортності для всіх категорій пасажирів.

Основні техніко-експлуатаційні показники маршруту, що характеризують організацію переміщення пасажирів та рівень транспортного обслуговування, наведено в табл. 2.2. До них належать характеристики транспортних засобів (ТЗ), що обслуговують маршрут, час обертів транспортних засобів, їх кількість на маршруті та інтервал руху в годину «пік».

Таблиця 2.2 - Параметри маршруту

Показники	Значення
Пасажирамисткість транспортного засобу, пас.	Solaris Urbino 12 94
	MAN Lion's City 90
Час обертів, год.	1,4
Кількість транспортних засобів, що проїжджають у годину «пік», од.	10
Інтервал руху в годину «пік», хв.	7

Зовнішній вигляд ТЗ, що працюють на маршруті, наведено на рис. 2.3, 2.4.



Рисунок 2.3 –Solaris Urbino 12

Для характеристики маршруту було визначено довжину окремих перегонів між зупиночними пунктами та загальну довжину маршруту. Отримані результати наведено в табл. 2.3.

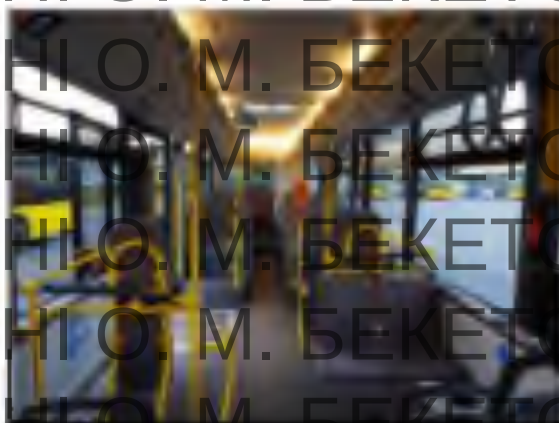
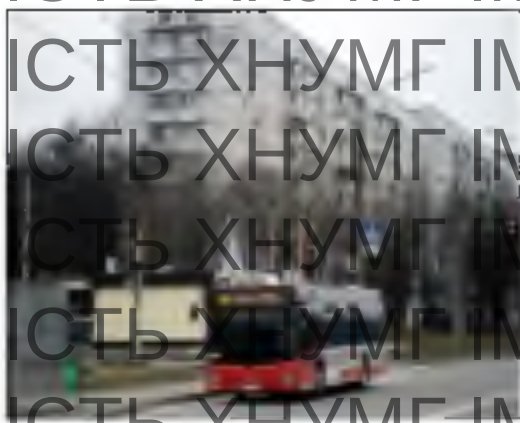


Рисунок 2.4 Фото транспортного засобу MAN Lion's City в середині та зоні

Таблиця 2.3 Довжина перегонів маршруту

Пазва перегону	Довжина перегону, км
1-2	0,52
2-3	0,45
3-4	0,3
4-5	0,6
5-6	0,42
6-7	0,45
7-8	0,58
8-9	0,38
9-10	0,5
10-11	0,45
11-12	0,8
12-13	0,65
13-14	0,7
14-15	0,6
15-16	0,55
16-17	0,58
17-18	0,4
18-19	0,4
19-20	0,5
20-21	0,5
21-22	0,65
22-23	0,45
23-24	0,6
24-25	0,35
25-26	0,59

Продовження табл. 2.3

1	2
26-27	0,35
27-28	0,55
28-29	0,42
29-30	0,35
31-32	0,48
Довжина всього маршруту	16,64

2.2 Характеристика автобусного маршруту №204

На автобусному маршруті №204 було проведено натурне обстеження з метою визначення основних показників його роботи. Дослідження виконувалося в ранковий та вечірній період, що дозволило отримати показники роботи маршруту. Маршрут налічує 32 зупиночні пункти, а його загальна довжина становить 16,64 км (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Схема автобусного маршруту №204

Обстеження проводилося за допомогою спеціальних облікових бланків, зразки яких наведені в Дод. А. Під час дослідження визначалися обсяги пасажирообміну на зупинкових пунктах, а також, кількість ТЗ, що обслуговують маршрут.

Дослідження у вечірній час «пік» було проведено 22 травня 2026 року: у прямому напрямку з 18:00 до 18:30, а у зворотному - з 18:37 до 19:07. Обстеження здійснювалося на автобусі марки Solaris Urbino 12.

Дослідження у ранковий час «пік» проводилося 23 травня 2026 року: у прямому напрямку з 07:00 до 07:20, а у зворотному - з 07:52 до 08:20. Для обстеження використовувався автобус марки MAN Lion's City.

Під час проведення обстеження на зупинковому пункті «м. Індустріальна» здійснювалося спостереження за роботою маршруту. Також виявлені маршрути громадського транспорту, які дублюють автобусний маршрут №204 (табл. 2.4).

До січня 2026 року на автобусному маршруті № 204 спостерігався високий рівень завантаження рухомого складу. У більшості рейсів коефіцієнт використання місткості салону наближався до максимальних значень, що негативно впливало на комфортність перевезень та якість транспортного обслуговування пасажирів.

Після січня 2026 року транспортна ситуація на маршруті змінилася у зв'язку з відновленням роботи трамвайного маршруту № 23, який здійснює перевезення від трамвайного депо до 602-го мікрорайону. На значній частині траси трамвайний маршрут дублює автобусний маршрут № 204, зокрема на ділянці від початкового пункту до зупинки «Салтівське шосе». У результаті частина пасажиропотоку перерозподілилася між видами транспорту, що сприяло зниженню завантаження автобусів.

Додатковим фактором перерозподілу пасажиропотоків є обслуговування трамвайним маршрутом важливих пунктів тяжіння населення, серед яких Регіональний сервісний центр, Новосалтівський ринок.

ТРК «Україна», Палац молоді та студентів. Наявність спільних зупиночних пунктів на маршрутах № 23 та № 204 створила альтернативу для пасажирів, унаслідок чого значна частина поїздок була переорієнтована на трамвайний транспорт. Це дозволило зменшити навантаження на автобусний маршрут та покращити умови перевезення пасажирів.

Спостереження у вечірній період проводилися 23 травня 2026 року з 18:37 до 20:07, а в ранковий час пік - 23 травня 2026 року з 08:35 до 10:05. У ході дослідження фіксувалися час прибуття транспортних засобів та номери маршрутів.

На основі отриманих даних було визначено фактичні інтервали руху автобусів маршруту №204. У вечірній час пік автобуси прибували на зупинку о 19:05, 19:15, 19:26 та 19:35. Середній інтервал руху становив близько 10 хвилин, що практично відповідає встановленому розкладу руху.

У ранковий час пік було зафіксовано прибуття автобусів о 08:35, 08:45, 08:53, 09:04, 09:15, 09:23, 09:25, 09:35, 09:46, 09:53, 10:00, 10:10, 10:19, 10:29, 10:38 та 10:47. За результатами спостережень середній інтервал руху становив приблизно 9 хвилин, що свідчить про достатньо регулярну роботу маршруту в період найбільшого пасажирського навантаження.

Таблиця 2.4 - Маршрути, що дублюють трасу автобусного маршруту № 204

Дублюючі маршрути	Тип маршруту	Ділянка дублювання	Довжина ділянки, км
23	Трамвайний	від вул. Льва Толстого до зуп. Парк Перемоги	1,4
272	Автобусний	від вул. Валентинівська до зуп. Регіональний центр послуг	0,5

2.3 Визначення показників роботи маршруту

Базуючись на даних обстеження пасажиропотоків та користуючись [5] визначені тенденції зміни пасажиропотоків по порогонах у ранковий та вечірній періоди обстеження (рис. 2.6, 2.7).



Рисунок 2.6 – Пасажиропотік у ранкову та вечірню години «спік» у прямому напрямку



Рисунок 2.7 – Пасажиропотік у ранкову та вечірню години «спік» у зворотньому напрямку

Для оцінювання особливостей розподілу пасажирів уздовж маршруту було визначено напруженість пасажиропотоку на окремих перегонах у прямому та зворотному напрямках руху. Дослідження проведено для ранкової та вечірньої години «піку», що дозволяє виявити найбільш завантажені ділянки маршруту та встановити закономірності зміни пасажиропотоку протягом доби. Результати розрахунків наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 Напруженість пасажиропотоку на перегонах
Напруженість пасажиропотоку, пас/рейс

Номер перегону	Ранкова година «піку»		Вечірня година «піку»	
	Прямий напрям	Зворотний напрям	Прямий напрям	Зворотний напрям
1-2	30	40	28	32
2-3	36	56	32	37
3-4	44	67	33	40
4-5	48	76	34	43
5-6	56	81	37	46
6-7	60	83	38	49
7-8	65	85	39	44
8-9	72	86	43	46
9-10	75	87	45	45
10-11	77	88	43	46
11-12	81	89	46	45
12-13	82	90	45	46
13-14	84	91	46	47
14-15	85	95	47	52
15-16	86	96	46	49
16-17	87	95	47	47
17-18	90	92	52	48
18-19	93	90	50	47
19-20	95	87	52	45
20-21	96	82	51	43
21-22	97	77	48	41
22-23	98	64	46	38
23-24	97	61	47	37
24-25	98	58	44	35
25-26	98	44	42	33
26-27	96	40	35	32

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5
27-28	91	37	33	3
28-29	81	31	24	28
29-30	72	26	18	26
30-31	58	18	11	23
31-32	40	10	5	17

Аналіз даних табл. 2.5 свідчить, що максимальна напруженість пасажиропотоку спостерігається в ранкову годину «пік», де на окремих перегонах вона досягає 98 пас./рейс у прямому напрямку та 96 пас./рейс у зворотному. У вечірню годину «пік» значення напруженості є нижчими та більш рівномірно розподіленими вздовж маршруту. Отримані результати дозволяють визначити найбільш завантажені ділянки маршруту та врахувати їх при оцінці якості транспортного обслуговування й розробленні заходів щодо оптимізації перевезень.

Показники роботи транспортних засобів на маршруті розраховані за [5] та наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 Показники роботи транспортних засобів на маршруті

Показники	Ранковий час пік		Показники	Вечірній час пік	
	Прямий напрямок	Зворотний напрямок		Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1	2	3	4	5	6
W_{1-2}	14,56	12,80	W_{32-31}	15,60	20,80
W_{2-3}	14,40	14,8	W_{31-30}	16,20	22,4
W_{3-4}	9,90	19,2	W_{30-29}	13,20	32,16
W_{4-5}	20,40	15,05	W_{29-28}	28,80	26,6
W_{5-6}	15,54	16,1	W_{28-27}	23,52	28,35
W_{6-7}	16,34	20,58	W_{27-26}	25,80	34,86
W_{7-8}	22,62	15,4	W_{26-25}	37,70	29,75
W_{8-9}	16,34	25,30	W_{25-24}	27,36	47,30
W_{9-10}	22,50	15,75	W_{24-23}	37,50	30,45
W_{10-11}	19,35	27,6	W_{23-22}	34,65	52,8
W_{11-12}	36,80	20,25	W_{22-21}	64,80	40,05

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
W_{12-13}	29,25	29,9	W_{21-20}	53,30	58,5
W_{13-14}	32,20	23,5	W_{20-19}	58,80	45,5
W_{14-15}	28,20	26	W_{19-18}	51,00	47,5
W_{15-16}	25,30	19,60	W_{18-17}	47,30	38,40
W_{16-17}	27,26	23,5	W_{17-16}	50,46	47,5
W_{17-18}	20,80	27,84	W_{16-15}	36,00	53,36
W_{18-19}	20,00	25,85	W_{15-14}	37,20	49,5
W_{19-20}	26,00	27	W_{14-13}	47,50	52,2
W_{20-21}	25,50	30,1	W_{13-12}	48,00	57,4
W_{21-22}	31,20	26,65	W_{12-11}	63,05	50,05
W_{22-23}	20,70	30,40	W_{11-10}	44,10	51,20
W_{23-24}	28,20	16,65	W_{10-9}	58,20	27,45
W_{24-25}	15,40	17,5	W_{9-8}	34,30	29
W_{25-26}	24,78	12,54	W_{8-7}	57,82	16,72
W_{26-27}	12,25	18,56	W_{7-6}	33,60	23,2
W_{27-28}	18,15	13,33	W_{6-5}	50,05	15,91
W_{28-29}	10,08	16,8	W_{5-4}	34,02	18,6
W_{29-30}	6,30	10,66	W_{4-3}	25,20	10,66
W_{30-31}	5,28	6,9	W_{3-2}	27,84	5,4
W_{31-32}	2,00	7,65	W_{2-1}	16,00	4,5
Q	617,60	613,76	Q	1198,87	1068,07
Q_M	573		Q_M	384	
I_{cp}	5,49	5,61	I_{cp}	4,25	3,01
γ_n	0,80	0,71	γ_o	0,41	0,4
γ_c	0,81	0,72	γ_c	0,41	0,41
η	2,89	2,83	η	3,73	5,27
$K_{отм.м.}$	1,34	1,14	$K_{отм.ж.}$	1,29	1,29
$K_{попр}$	0,37		$K_{попр}$	0,7	

Швидкості руху ТЗ, їх годинні складові та продуктивність перевезень розріховані за [5] та наведені у табл. 2.7.

Розрахуємо максимальний годинний пасажиропотік для напрямку з найбільшим пасажиропотоком за рейс та з відповідною кількістю ТЗ, що були отримані через обмеження за залежністю, що наведена у [5].

Таблиця 2.7 – Швидкості руху ТЗ їх годинні складові та продуктивність перевезень

Значення	Ранковий час пік		Вечірній час пік	
	Прямий напрямок	Зворотній напрямок	Прямий напрямок	Зворотній напрямок
V_T	95,4	90,85	95,4	90,85
$V_{\text{ср}}$	28,47	22,18	28,47	22,18
$V_{\text{ср}}$	21,93	21,93	21,93	21,93
$t_{\text{рпх}}$	20	21	20	21
$t_{\text{ср}}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$t_{\text{ср}}$	10	10	8	8
$W_{\text{ср}}$	1310,68	1095,83	862,58	1159,91

На підставі аналізу параметрів роботи маршруту та користуючись [5] було визначено величину пасажиропотоку впродовж кожної години його функціонування (табл. 2.8)

Таблиця 2.8 Результати розрахунків пасажиропотоку та кількості автобусів на маршруті по годинах доби

Година доби	$6^{\text{00}} - 7^{\text{00}}$	$7^{\text{00}} - 8^{\text{00}}$	$8^{\text{00}} - 9^{\text{00}}$	$9^{\text{00}} - 10^{\text{00}}$
$P_{\text{ср},i}$	411	514	411	257
$A_{\text{ср},i}$	8	10	8	5
Година доби	$10^{\text{00}} - 11^{\text{00}}$	$11^{\text{00}} - 12^{\text{00}}$	$12^{\text{00}} - 13^{\text{00}}$	$13^{\text{00}} - 14^{\text{00}}$
$P_{\text{ср},i}$	154	102	154	257
$A_{\text{ср},i}$	3	2	3	5
Година доби	$14^{\text{00}} - 15^{\text{00}}$	$15^{\text{00}} - 16^{\text{00}}$	$16^{\text{00}} - 17^{\text{00}}$	$17^{\text{00}} - 18^{\text{00}}$
$P_{\text{ср},i}$	308	308	411	462
$A_{\text{ср},i}$	6	6	8	9
Година доби	$18^{\text{00}} - 19^{\text{00}}$	$19^{\text{00}} - 20^{\text{00}}$	$20^{\text{00}} - 21^{\text{00}}$	$21^{\text{00}} - 22^{\text{00}}$
$P_{\text{ср},i}$	308	257	154	102
$A_{\text{ср},i}$	6	5	3	2

Побудуємо діаграми зміни пасажиропотоку по годинах доби (рис. 2.8) та відповідної зміни кількості ТЗ (рис. 2.9).



Рисунок 2.8 Зміна пасажиропотоку за годинами доби



Рисунок 2.9 – Зміна кількості автобусів за годинами доби

2.4 Формування розкладу руху транспортних засобів та водіїв

Визначено необхідну кількість транспортних засобів (ТЗ) для обслуговування маршруту за умови повного використання пасажиромісткості салону. Застосування такого значення коефіцієнта використання місткості дозволяє оцінити мінімально необхідний випуск р на маршрут та забезпечити економічно обгрунтовану організацію перевезень (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Кількість транспортних засобів при коефіцієнті використання пасажиромісткості 1

Відповідно до методики, наведеної у [5], виконано графо-аналітичний розрахунок роботи маршруту (рис. 2.11), який являє собою графічне відображення режимів роботи транспортних засобів та водіїв протягом доби. Побудова графо-аналітичного розрахунку ґрунтується на використанні двозмінного та перерваного режимів праці водіїв. Для випусків, що працюють у двозмінному режимі, за транспортним засобом закріплюються два водії, тоді як для випусків із перерваним режимом роботи передбачено одного водія.

Рисунок 2.11 – Графоаналітичний розрахунок роботи водіїв та автобусів на маршруті

Під час побудови графіка враховуються нормативні вимоги щодо режимів праці та відпочинку водіїв. Двозмінний режим роботи передбачає наявність технологічної перерви (на графіку позначається літерою «ІІ») та перезмінки водіїв (позначається літерою «З»), тривалість яких становить від 0,5 до 1,5 години. Тривалість роботи кожного водія у цьому режимі складалася від 7 до 9 годин. Переривний режим роботи характеризується наявністю відпочинку (на графіку позначається літерою «В») тривалістю від 3 до 5 годин, при цьому загальна тривалість роботи водія становить від 8 до 10 годин. До настання перерви або відпочинку безперервна робота водія, як правило, не перевищує 3–5 годин. У процесі побудови графо-аналітичного розрахунку може виникати необхідність введення додаткових автомобіле-годин роботи рухомого складу (на схемі позначаються літерою «Д»), що пов'язано із забезпеченням нормативних режимів праці водіїв та покриттям потреби в перевезеннях у години пікового навантаження. Ефективність побудованого графіка оцінюється за допомогою коефіцієнта ефективності роботи водіїв ТЗ , який визначається як відношення кількості автомобіле-годин роботи без урахування додаткових годин до їх загальної кількості. Для раціональної організації роботи маршруту значення цього коефіцієнта повинно перевищувати 0,9. Для

запропонованого графоаналітичного розрахунку роботи водіїв та автобусів на маршруті коефіцієнта ефективності роботи водіїв і ТЗ склалася 0,9, то він може бути підґрунтям для розробки стрічкового графіку руху та розкладу руху.

Використовуючи сформований графоаналітичний розрахунок роботи водіїв та автобусів за методикою наведеною у [5] сформуємо стрічковий графік руху, враховуючи час оберту на маршруті - 1,4 год (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 Стрічковий графік руху

Побудований стрічковий графік руху є базою для формування розкладу руху (табл. 2.9). Перші рейси на маршруті розпочинаються о 06:00, а завершення роботи окремих випусків відбувається після 21:00. У розкладі передбачені технологічні перерви для відпочинку та переміжки водіїв (позначені літерою «П»), а також відстої транспортних засобів («В») і завершення роботи випусків у кінцевому пункті («К»). Найбільша кількість автобусів працює у ранковий та вечірній періоди «піку», що забезпечує необхідний рівень транспортного обслуговування пасажирів. У міжпиковий період частина випусків переводиться на перерваний режим роботи, що дозволяє раціонально використовувати рухомий склад і трудові ресурси.

Таблиця 2.9 – Розклад руху автобусів на маршруті 204

Автобус 1	Автобус 2	Автобус 3	Автобус 4	Автобус 5	Автобус 6	Автобус 7	Автобус 8
06:56	07:36	07:10	07:52	06:28	07:10	06:42	07:24
08:27	09:09	08:37	09:19	07:55	08:37	08:06	08:48
П	П	09:30	10:12	09:11	10:26	09:30	10:16
10:12	10:54	10:34	11:16	В	В	В	В
11:36	12:18	12:39	13:21	14:24	15:06	14:34	15:16
13:16	13:58	14:07	14:49	15:38	16:30	16:00	16:42
15:27	16:09	15:37	16:19	17:28	18:10	17:45	18:27
17:00	17:42	П	19:38	20:00	19:39	20:21	19:48
П	17:12	17:54	20:42	К	21:03	К	19:26
18:36	19:18	18:47	19:29				
20:00	20:42	20:42	21:24				
21:39	К	22:06	К				

Запропонований розклад забезпечує виконання перевезень відповідно до потреб пасажирів протягом доби та відповідає нормативним вимогам щодо режимів праці та відпочинку водіїв.

2.5 Висновки по розділу

Досліджено автобусний маршрут №204 м. Харкова та наведено його загальну характеристику. Даний маршрут відіграє важливу роль у системі громадського транспорту Салтівського району, забезпечуючи транспортне сполучення мешканців зі станціями метрополітену та основними об'єктами соціальної інфраструктури, зокрема торговельними центрами, закладами освіти, охорони здоров'я та культурного призначення.

У процесі дослідження було проаналізовано маршрутну інфраструктуру та визначено рівень транспортної доступності для населення. За результатами натурних обстежень, проведених у години найбільшого пасажирського навантаження, отримано дані щодо особливостей функціонування маршруту в ранковий та вечірній періоди. Зокрема, встановлено фактичні інтервали руху автобусів і проаналізовано роботу маршрутів, що дублюють окремі ділянки його траси.

На підставі зібраної інформації були розраховані основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту, серед яких обсяг перевезень пасажирів, транспортна робота, середня дальність поїздки, напруженість пасажиропотоків, коефіцієнти використання місткості транспортних засобів та показники нерівномірності розподілу пасажиропотоків. Сформовано стрічковий графік та розклад руху.

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

3.1 Характеристика руху на перехресті

Схему досліджуваного перехрестя наведено на рис. 3.1. Вихідними даними для виконання розрахунків та подальшого моделювання є геометрична схема перехрестя, параметри транспортних потоків (табл. 3.1) і значення інтенсивності пішохідного руху, які були задані умовами кваліфікаційної роботи.



Таблиця 3.1 - Параметри перехрестя та транспортних потоків

Номер транспортного потоку	Параметри			
	Ширина смуги, м	Радіус повороту, м (за можливості)	Інтенсивність потоку авт./год	Склад потоку, %
N_1	0,6	3	703	Легкові 95% Вантажівки 5 %
N_2	0,1	2	752	Легкові 84% Вантажівки 16%
N_3	0,3	4	547	Легкові 60% Вантажівки 40%
N_4	0,2	3	798	Легкові 90% Вантажівки 10%
N_5	0,8	4	83	Легкові 90% Вантажівки 20%
N_6	-0,1	6	58	Легкові 24% Вантажівки 76%
N_7	0,7	3	147	Легкові 30% Вантажівки 70
N_8	0	2	73	Легкові 50% Вантажівки 50%
N_9	0,6	4	54	Легкові 66% Вантажівки 54%
N_{10}	0	3	74	Легкові 60% Вантажівки 40%
N_{11}	1	4	86	Легкові 80% Вантажівки 20%
N_{12}	-0,2	6	74	Легкові 51% Вантажівки 49%

У складі транспортних потоків переважають легкові автомобілі, проте для окремих напрямків характерна значна частка вантажного транспорту. Найбільша частка вантажних автомобілів спостерігається у потоках N_6 та N_{12} і становить відповідно 76 % та 70 %, що впливає на умови руху та пропускну спроможність перехрестя.

Інтенсивність пішохідних потоків становить: N_{13} 700 піш./год, N_{14} 1270 піш./год, N_{15} 600 піш./год, N_{16} 900 піш./год. Найбільш інтенсивним є потік N_{13} , частка якого складає близько 37 % від загального пішохідного руху на перехресті.

Наведені вихідні дані використані для розроблення схеми світлофорного регулювання.

3.2 Вибір кількості смуг руху

Для визначення необхідної кількості смуг руху на підходах до перехрестя виконано розрахунок перспективних інтенсивностей транспортних потоків та пропускної спроможності проїзної частини. Розрахунки проводились за методичними даними [6] з урахуванням прогнозованого зростання інтенсивності руху на перспективу 10 років, складу транспортного потоку та характеристик дорожнього покриття.

За результатами розрахунків визначено перспективні інтенсивності руху на кожному підході до перехрестя та встановлено необхідну кількість смуг руху, що забезпечує пропуск транспортних потоків без перевищення пропускної спроможності проїзної частини. Результати наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення необхідної кількості смуг руху на підходах до перехрестя

Підхід	Напрямок руху	Перспективна інтенсивність, авт./год	Прийнята кількість смуг
1	Прямий	1414,8	4
	Зворотний	2338,2	4
2	Прямий	1249,2	2
2	Зворотний	234,0	2
3	Прямий	1486,8	2
3	Зворотний	1530,0	2

Отримані результати свідчать, що найбільш завантаженим є підхід 1, для якого доцільно передбачити по чотири смуги руху в кожному напрямку. Для підходів 2 та 3 достатньою є організація руху по двох смугах у кожному напрямку. З метою забезпечення симетричності планувального рішення

кількість смуг приймалась однаковою для зустрічних напрямків руху на кожному підході.

З урахуванням значної частки вантажних автомобілів у транспортному потоці ширину крайньої правої смуги прийнято 4,0 м, ширину інших смуг руху – 3,5 м. На основі отриманих результатів побудовано схему перехрестя з елюрами транспортних потоків, яка використана для подальшого моделювання організації дорожнього руху.

На основі результатів розрахунків визначено необхідну кількість смуг руху на кожному підході до перехрестя та сформовано схему організації дорожнього руху з урахуванням інтенсивності транспортних і пішохідних потоків. Схема розподілу транспортних потоків на перехресті наведена на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 - Схема розподілу транспортних потоків на перехресті з наведеною кількістю смуг руху

На схемі (рис. 3.2) відображено основні транспортні потоки та напрямки їх руху через перехрестя, а також пішохідні потоки, що перетинають перехрестя.

частину. Найбільша інтенсивність руху спостерігається на головному напрямку, що зумовлює необхідність забезпечення достатньої пропускної спроможності підходів та ефективного регулювання руху. Появність значних транспортних і пішоходних потоків створює потенційні конфліктні точки між учасниками дорожнього руху, що обґрунтовує доцільність застосування світлофорного регулювання.

3.3 Визначення потоків насичення

Для розроблення схеми світлофорного регулювання необхідно визначити потоки насичення для кожного напрямку руху на перехресті. До вихідних характеристик, що використовуються під час проєктування організації дорожнього руху, належать інтенсивність транспортних і пішоходних потоків, склад транспортного потоку, середня швидкість руху транспортних засобів, потоки насичення та параметри існуючого або проєктованого світлофорного регулювання.

Оскільки перехрестя є проєктованим, потоки насичення визначалися шляхом натурних спостережень, а розрахунковим методом відповідно до методичних рекомендацій [6]. Під час розрахунків враховувалися ширина проїзної частини, поздовжній ухил дороги, радіуси поворотів транспортних потоків та склад транспортного потоку.

Результати розрахунку потоків насичення наведено в таблиці 3.3.

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільше значення потоку насичення характерне для напрямку №1 і становить 1964 авт./год, а найменше – для напрямку №7, де потік насичення дорівнює 1825 авт./год. Отримані значення були використані під час визначення фаз світлофорного регулювання, розрахунку тривалості світлофорного циклу.

Таблиця 3.3 – Потіки насичення за напрямками руху

Напрямок руху	Потік насичення, авт./год
N_1	1925
N_2	1835
N_3	1964
N_4	1876
N_7	1825
N_{10}	1925

3.4 Розрахунок режиму роботи світлофорної сигналізації

Вихідними даними для розрахунку режиму роботи світлофорної сигналізації є характеристики транспортних і пішохідних потоків на досліджуваному перехресті. Вибір кількості фаз регулювання здійснювався відповідно до методичних рекомендацій [6] з урахуванням інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, конфліктності транспортних маневрів, кількості смуг руху та вимог безпеки дорожнього руху.

За результатами аналізу транспортної ситуації для досліджуваного перехрестя прийнято трифазну схему світлофорного регулювання, яка забезпечує безконфліктний пропуск транспортних і пішохідних потоків. Схеми пофазного роз'їзду наведено на рис. 3.3–3.5.

Для кожної фази регулювання визначено фазові коефіцієнти та розраховано параметри світлофорного циклу. Розрахунки проводилися за методичними даними [6]. Результати розрахунків наведено в табл. 3.4.

Рисунок 3.3 – Перша фаза світлофорного регулювання

Рисунок 3.4 – Друга фаза світлофорного регулювання

Рисунок 3.5 – Третя фаза світлофорного регулювання

Таблиця 3.4 Основні параметри світлофорного регулювання

Показник	Значення
Кількість фаз регулювання	3
Сума фазових коефіцієнтів	0,52
Тривалість проміжних тактів	5 с
Розрахункова тривалість циклу	41 с
Основний такт 1-ї фази	15 с
Основний такт 2-ї фази	17 с
Час пропуску пішоходів (максимальний)	28 с
Прийнята тривалість циклу	75 с

Під час визначення параметрів світлофорного регулювання додатково враховувалась необхідність забезпечення безпечного переходу пішоходів через

проїзну частину. Розрахунки показали, що тривалість третьої фази повинна бути збільшена для забезпечення нормативного часу переходу пішоходів.

У результаті для досліджуваного перехрестя прийнято світлофорний цикл тривалістю 75 с, який включає основні та проміжні такти всіх фаз регулювання. Запропонована схема забезпечує безпечний та ефективний пропуск транспортних і пішохідних потоків.

Результати розрахунку тривалості циклу регулювання представити у вигляді табл. 3.5.

Таблиця 3.5 Результати розрахунку циклу регулювання

Фаза	1				2			
Інтенсивність, N_{ij} , авт./год	M_{H1-1}	M_{H1-2}	M_{H1-3}	M_{H1-4}	M_{H2-1}	$M_{H2-2+3+4}$	M_{H2-5}	M_{H2-6}
Потрібна кількість, M_{Hij} , авт./год	52	257	480	87	371	454	113	543
Фазовий коефіцієнт, ψ_i	0,025	0,13	0,23	0,045	0,19	0,23	0,08	0,29
Розрахунковий фазовий коефіцієнт, ψ_{ij}				0,23				0,29
Сума розрахункових фазових коефіцієнтів, $\Sigma \psi_{ij}$	0,52							
Тривалість проміжного такту, $t_{пр}$, с	4				4			
Сума тривалостей проміжних тактів, $\Sigma t_{пр}$, с	8				8			
Тривалість шкату регулювання, $t_{шк}$, с	75				75			
Тривалість основного такту, $t_{осн}$, с	13,58				16,01			
Час для пропуску пішоходів, $t_{пш}$, с	27,3				16,5			16,5
Тривалість скорегованого основного такту, $t_{осн}^*$, с	15				17			28
Тривалість шкату регулювання скорегована, $t_{шк}^*$, с	75				75			

Після проведення розрахунку циклу світлофорного регулювання та його складових, побудувати циклограму роботи світлофорного об'єкту рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Циклограма роботи світлофорного об'єкта

3.5 Оцінка якості схеми організації дорожнього руху

Оцінювання ефективності запропонованої схеми організації дорожнього руху на перехресті виконувалося за двома основними показниками: ступенем насичення напрямків руху та середньою затримкою транспортних засобів. Розрахунки проводилися за методичними даними [6].

Ступінь насичення характеризує рівень завантаження окремого напрямку руху та дозволяє оцінити відповідність пропускної спроможності перехрестя інтенсивності транспортного потоку. Для забезпечення стабільного функціонування перехрестя значення цього показника рекомендується підтримувати на рівні не більше 0,85–0,90. Перевищення одиниці свідчить про виникнення перевантаження та утворення черг транспортних засобів.

Результати розрахунку ступеня насичення та середньої затримки транспортних засобів наведено в табл. 3.6.

Середньозважена затримка транспортних засобів на досліджуваному перехресті становить 32,62 с.

Аналіз отриманих результатів показав, що для окремих напрямків руху значення ступеня насичення перевищує нормативний рівень, що свідчить про високий рівень завантаження перехрестя в години пік. Найбільш завантаженими є напрямки N_1 , N_2 , N_{210} та N_3 , для яких значення ступеня насичення перевищують одиницю. Разом з тим, середня затримка

транспортних засобів відповідає прийнятному рівню функціонування регульованого перехрестя в міських умовах.

Таблиця 3.6 – Показники ефективності роботи перехрестя

Напрямок руху	Степінь насичення	Середня затримка, с
N_1''	0,15	24,11
N_1'''	0,73	40,92
N_1	1,29	13,48
N_5'	0,26	24,49
N_2	1,06	25,20
$N_{2,ш}$	1,28	58,28
N_7	0,36	25,80
N_3	1,35	48,70

Отримані результати можуть бути використані для подальшого оцінювання ефективності запропонованої схеми світлофорного регулювання та її порівняння з альтернативними варіантами організації дорожнього руху (табл. 3.7).

Додатковим показником оцінювання ефективності організації дорожнього руху є показник складності перехрестя, який визначається на основі кількості конфліктних точок між транспортними потоками. Розрахунок показника складності проводився відповідно до методичних рекомендацій [6].

Для визначення складності перехрестя було побудовано схеми конфліктних точок для кожної фази світлофорного регулювання. При цьому враховувалися конфліктні точки трьох типів: точки відхилення, злиття та перетинання транспортних потоків. Схеми конфліктних точок наведено на рис. 3.7.

Таблиця 3.7 Розрахунок затримок транспорту на регульованому перехресті

Оаза	Напрямок руху	Відношення t_{01} до T_{11}	Ступінь напруги напрямку руху λ	Інтенсивність ТП, авт/с	Затримки ТП на регульованому перехресті, с
1	1	0,18	0,15	0,015	24,11
1	1	0,18	0,73	0,06	40,92
1	1	0,18	1,29	0,1	13,48
1	5	0,18	0,26	0,13	24,49
1	2	0,18	1,06	0,03	25,2
1	2,10	0,18	1,28	0,15	58,28
2	1	0,21	0,36	0,03	25,8
2	3	0,21	1,25	0,15	48,7



Рисунок 3.7 – Схема конфліктних точок

За результатами аналізу встановлено, що на досліджуваному перехресті наявні:

- точки відхилення – 3;
- точки злиття – 1;
- точки перетинання – 2.

Результати розрахунку показника складності наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8. Визначення показника складності перехрестя

Показник	Значення
Кількість точок відхилення	3
Кількість точок злиття	1
Кількість точок перетинання	2
Показник складності перехрестя, m	16

Відповідно до класифікації перехресть за показником складності, транспортний вузол вважається простим, якщо значення показника складності не перевищує 40. Отримане значення $m = 16$ свідчить про те, що досліджуване перехрестя належить до категорії простих транспортних вузлів.

Невелика кількість конфліктних точок та відсутність значної кількості перетинань транспортних потоків позитивно впливають на безпеку дорожнього руху та сприяють ефективній роботі запропонованої схеми організації дорожнього руху.

3.6 Висновки по розділу

Виконано аналіз транспортних і пішохідних потоків на досліджуваному перехресті, визначено перспективні інтенсивності руху та обґрунтовано необхідну кількість смуг руху на підходах до перехрестя. На основі вихідних

даних розраховано потоки насичення, досліджено умови руху транспортних засобів і підходів та встановлено доцільність застосування світлофорного регулювання для підвищення безпеки дорожнього руху та забезпечення необхідної пропускної спроможності.

За результатами розрахунків розроблено трифазну схему світлофорного регулювання та циклограму роботи світлофорного об'єкта з тривалістю циклу

75 с. Проведене оцінювання ефективності показало, що середньозважена затримка транспортних засобів становить 32,62 с, а показник складності перехрестя дорівнює 16, що характеризує його як простий транспортний вузол.

Запропоновані рішення забезпечують безконфліктний пропуск транспортних і підходних потоків та можуть бути використані під час удосконалення організації дорожнього руху на аналогічних міських перехрестях.

ВИСНОВКИ

Досліджено особливості організації міських пасажирських перевезень та дорожнього руху на прикладі автобусного маршруту №204 м. Харкова і міського регульованого перехрестя.

У результаті аналізу сучасних тенденцій розвитку міського пасажирського транспорту встановлено, що основними напрямками його вдосконалення є електрифікація рухомого складу, цифровізація транспортних процесів, впровадження інтелектуальних транспортних систем та підвищення якості транспортного обслуговування населення. Визначено, що адаптація світового досвіду до умов українських міст є важливим передумовою розвитку ефективної та сталої транспортної системи.

Під час дослідження автобусного маршруту №204 м. Харкова проведено аналіз його транспортної інфраструктури та умов обслуговування пасажирів. За результатами натурних обстежень визначено особливості формування пасажиропотоків у ранковий та вечірній періоди, встановлено фактичні інтервали руху та розраховано основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту. На підставі отриманих даних визначено потребу в транспортних засобах за годинами доби, виконано графо-аналітичний розрахунок роботи автобусів і водіїв, сформовано стрічковий графік та розклад руху.

Для досліджуваного перехрестя виконано аналіз транспортних і пішохідних потоків, визначено необхідну кількість смуг руху та розраховано потоки насичення. На основі отриманих результатів розроблено трифазну схему світлофорного регулювання та циклограму роботи світлофорного об'єкта з тривалістю циклу 75 с. Оцінювання ефективності запропонованої схеми показало, що середньозважена затримка транспортних засобів становить 32,62 с, а показник складності перехрестя дорівнює 16, що характеризує його як простий транспортний вузол.

Отримані результати можуть бути використані для удосконалення організації перевезень на автобусному маршруті №204 м. Харкова, підвищення якості транспортного обслуговування населення та вдосконалення організації дорожнього руху на міських регульованих перехрестях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Papa G., Santo Zarnik M., Vukasinovic V. Electric-bus routes in hilly urban areas: Overview and challenges // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. Vol. 165. Article 112555. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112555.
2. Stobic M., Dimitrijevic B. Model for electrification of urban public transport lines with supercapacitor buses: A case study of Belgrade // Applied Energy. 2025. Vol. 377. Article 124670. DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.124670.
3. Дригмак В. Розвиток громадського транспорту України в контексті національної транспортної стратегії // Економіка та суспільство. 2024. № 68. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-68-69.
4. Mykhailenko V., Safranov T. The problem of evaluation of individual persistent organic pollutants emissions from road transport (illustrated by the case of Odessa industrial and urban agglomeration) // Environmental Problems. 2022. Vol. 7, No. 1. P. 39–46. DOI: 10.23939/ep2022.01.039.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пасажирські перевезення» (для студентів напрямку підготовки 6.070101 «Транспортні технології (за видами транспорту)») / Харків. нац. ун-т міськ. госп.-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. О. В. Доля, О. І. Нежнева. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2012. 48 с. URL: [Репозитарій ХНУМГ](#) (дата звернення: 07.06.2026).
6. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни Організація дорожнього руху (для студентів 4 курсу денної форми навчання напрямку підготовки 6.070101 – Транспортні технології (за видами транспорту)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп.-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. О. Побанов, І. О. Толмачов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 17 с.

ДОДАТОК А

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

Номер зупинного пункту	Прямий напрямок		Номер зупинного пункту	Зворотний напрямок	
	Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас		Кількість пасажирів, що увійшло у транспортний засіб, пас	Кількість пасажирів, що вийшло з транспортного засобу, пас
1	30	0	32	40	0
2	8	2	31	18	2
3	10	2	30	15	4
4	7	3	29	12	3
5	12	4	28	10	5
6	6	2	27	8	6
7	8	3	26	6	4
8	13	8	25	4	3
9	5	2	24	5	4
10	4	2	23	4	3
11	14	10	22	3	2
12	3	2	21	4	3
13	5	3	20	5	4
14	3	2	19	12	8
15	4	3	18	8	7
16	5	4	17	4	5
17	6	3	16	3	6
18	8	5	15	2	4
19	10	8	14	2	5
20	4	3	13	3	8
21	8	4	12	2	7
22	3	2	11	5	18
23	4	5	10	1	4
24	6	5	9	2	5
25	4	4	8	6	20
26	8	10	7	1	5

Продовження табл. А. 1

	2	3	4	5	6
27	7	12	6	1	4
28	5	15	5	2	8
29	3	12	4	1	6
30	4	18	3	2	10
31	2	20	2	0	8
32	0	40	1	0	10

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

Номер зупинного пункту	Прямий напрямок		Номер зупинного пункту	Зворотний напрямок	
	Кількість пасажирів, що увійшли у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшли з транспортного засобу, пас.		Кількість пасажирів, що увійшли у транспортний засіб, пас.	Кількість пасажирів, що вийшли з транспортного засобу, пас.
1	28	0	4	32	6
2	6	2	31	6	1
3	5	4	30	5	2
4	4	3	29	4	1
5	8	5	28	8	5
6	3	2	27	7	4
7	5	4	26	5	6
8	14	10	25	5	3
9	4	2	24	6	7
10	3	5	23	9	8
11	12	9	22	3	4
12	2	3	21	1	10
13	5	4	20	5	4
14	3	2	19	14	9
15	2	3	18	4	7
16	7	6	17	10	12
17	10	5	16	7	4
18	6	8	15	2	3
19	9	7	14	5	5

Продовження табл. А. 2

	2	3	4	5	6
20	4	5	13	4	6
21	6	9	12	2	4
22	2	4	11	13	18
23	7	6	10	2	3
24	5	8	9	3	5
25	4	6	8	18	20
26	3	10	7	2	3
27	3	7	6	3	4
28	2	11	5	5	8
29	1	7	4	2	4
30	1	8	3	5	6
31	0	6	2	2	8
32	0	5	1	0	17