

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ 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 «Організація і моделювання дорожнього руху на вул. Родини
Глаголевих (між вул. Ризькою і вул. Юрія Глушка) у м. Києві»**

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

Гарант освітньої програми

К. Т. Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Опалко В.Г.

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Доктор філософії

(науковий ступінь та вчене звання)

Нагорний Т.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Капустін І.О.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ 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

Капустіну Іллі Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)

(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи «Організація і моделювання дорожнього руху на вул. Родини Глаголевих (між вул. Ризькою і вул. Юрія Глушка) у м. Києві»

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. Розглянути теоретичні основи організації та безпеки дорожнього руху в системі транспортних технологій.
2. Проаналізувати сучасні підходи до організації дорожнього руху в містах і застосування транспортного моделювання.

3. Дослідити географічні, містопланувальні та функціональні особливості вул. Родини Глаголевих на розглянутій ділянці.
4. Виконати польове транспортне обстеження, оцінити інтенсивність, структуру потоків і виявити проблемні місця організації руху.
5. Розробити комплексну схему вдосконалення організації дорожнього руху з урахуванням безпеки водіїв, пішоходів і велосипедистів.

Дата видачі завдання « 1 » вересня 2025 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи _____ Нагорний Т.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Капустін І.О.

(прізвище та ініціали студента)

Зміст

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	9
1.1. Організація та безпека дорожнього руху як предмет транспортних технологій	9
1.2. Останні теоретичні і прикладні розробки в Україні та світі	16
1.3. Методологія і методика дослідження	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ НАЯВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ВУЛ. РОДИНИ ГЛАГОЛЄВИХ У М. КИЄВІ	33
2.1. Географічна та містопланувальна характеристика вулиці	33
2.2. Польове обстеження організації дорожнього руху на вулиці	43
2.3. Розробка комплексної схеми організації дорожнього руху на вулиці	51
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ДІЛЯНЦІ	58
3.1. Збір вихідних даних для проведення імітаційного транспортного мікромоделювання	58
3.2. Розробка транспортної моделі наявного стану	64
3.3. Розробка транспортної моделі проєктного стану	67
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
Додаток А.....	79
Додаток Б	80
Додаток В.....	81

Додаток Д.....	82
Додаток Е.....	83
Додаток Ж.....	84

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена організації і моделюванню дорожнього руху на вул. Родини Глаголевих (між вул. Ризькою і вул. Юрія Глушка) у місті Києві. У роботі розкрито теоретичні основи організації дорожнього руху, проаналізовано наявний стан досліджуваної ділянки, виконано польові транспортні обстеження та виявлено проблемні й потенційно небезпечні місця. Розроблено комплексну схему організації дорожнього руху, обґрунтовано зміни у дорожніх знаках, розмітці, напрямних елементах, пішохідній і велосипедній інфраструктурі. Для оцінювання ефективності запропонованих рішень побудовано транспортну модель наявного та проектного станів і виконано порівняння основних показників функціонування ділянки. Запропоновані заходи спрямовані на підвищення безпеки руху, впорядкування маневрування, зменшення затримок та покращення умов пересування для всіх учасників дорожнього руху.

Ключові слова: організація дорожнього руху, транспортне моделювання, вулично-дорожня мережа, мікромоделювання, дорожні знаки, дорожня розмітка, пішохідний рух, велосипедна інфраструктура.

ВСТУП

Міська вулиця сьогодні виконує значно більше функцій, ніж просте пропускання транспортного потоку. На одній і тій самій ділянці поєднуються рух легкових автомобілів, громадського транспорту, пішоходів, велосипедистів, під'їзд до житлової та громадської забудови, короткочасне паркування й місцеві маневри. Саме тому якість організації дорожнього руху визначає не лише швидкість сполучення, а й рівень безпеки, передбачуваність дорожньої обстановки та комфорт користування вуличним простором.

Для міських коридорів особливо важливо, щоб окремі елементи інфраструктури працювали узгоджено. Розміщення переходів, режим світлофорного регулювання, геометрія підходів до перехресть, розмітка, дорожні знаки та схема паркування безпосередньо впливають на затримки, довжину черг і кількість конфліктних ситуацій. Якщо ці елементи не узгоджені між собою, навіть відносно коротка ділянка може створювати локальні перевантаження та підвищувати аварійний ризик.

Актуальність теми зумовлена тим, що на окремих вулицях Києва фактичне транспортне навантаження та структура руху вже не відповідають рішенням, які формувалися за інших умов експлуатації. Досліджувана ділянка вул. Родини Глаголевих між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка поєднує функції районного зв'язку, місцевого обслуговування прилеглої забудови та пропуску пішохідних і велосипедних потоків. За таких умов виникає потреба не в формальному коригуванні окремих знаків, а в цілісному перегляді організації руху на основі польових обстежень і транспортного моделювання [1; 2].

Об'єктом дипломної роботи є дорожній рух на ділянці вул. Родини Глаголевих (між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка) у місті Києві.

Предметом дипломної роботи є організація дорожнього руху на зазначеній ділянці, її вдосконалення та моделювання транспортних потоків з метою підвищення безпеки дорожнього руху й покращення умов функціонування вулично-дорожньої мережі.

Метою дипломної роботи є розроблення та обґрунтування комплексу рішень щодо вдосконалення організації дорожнього руху на досліджуваній ділянці з перевіркою їх ефективності засобами транспортного мікромоделювання.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено такі основні завдання:

- проаналізувати теоретичні засади організації та безпеки дорожнього руху в системі транспортних технологій;
- узагальнити сучасні підходи до оптимізації транспортних потоків і застосування транспортного моделювання;
- дослідити географічні, планувальні та функціональні особливості вулиці Родини Глаголевих на розглянутій ділянці;
- виконати польове обстеження та оцінити фактичні умови організації руху;
- розробити комплексну схему вдосконалення організації дорожнього руху;
- створити транспортні моделі наявного й проєктного станів та оцінити ефективність запропонованих рішень.

Під час виконання роботи застосовано методи транспортного аналізу, натурних спостережень, структурного та порівняльного аналізу транспортних потоків, графічного опрацювання результатів, а також методи імітаційного транспортного мікромоделювання.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що ефективність запропонованих змін оцінюється не лише за формальною відповідністю нормативним вимогам, а й за результатами моделювання конкретної міської ділянки з урахуванням її фактичної геометрії, структури потоків і локальних конфліктних точок.

Практичне значення роботи визначається можливістю використання запропонованих рішень для вдосконалення організації руху на реальній ділянці міської мережі. Виконання дослідження на базі Центру організації дорожнього руху м. Києва надає отриманим результатам прикладного характеру та підсилює їх придатність до подальшого опрацювання у встановленому порядку [15].

Запропоновані заходи можуть бути реалізовані після проходження процедури погодження відповідно до чинного законодавства України. У цьому полягає важлива риса роботи: вона орієнтована не лише на теоретичний аналіз, а й на підготовку практично доцільних рішень для міського середовища.

Структура дипломної роботи охоплює вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. У першому розділі розглянуто теоретичні основи організації руху та безпеки, у другому - досліджено наявний стан ділянки й розроблено проєктні рішення, у третьому - виконано транспортне мікромоделювання та оцінено очікуваний ефект від їх упровадження.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

1.1. Організація та безпека дорожнього руху як предмет транспортних технологій

Організацію дорожнього руху в системі транспортних технологій доцільно розглядати як інструмент цілеспрямованого керування умовами переміщення в межах міської мережі. Йдеться не лише про розміщення технічних засобів регулювання, а про формування такого режиму роботи вулиці, за якого рух є зрозумілим, безпечним і достатньо стійким до коливань навантаження.

У міському середовищі це завдання ускладнюється тим, що одна й та сама вулиця одночасно обслуговує кілька груп користувачів. Транспортні потоки, місцеві під'їзди до забудови, пішохідні переходи, зупинки громадського транспорту та велосипедний рух створюють різноспрямовані вимоги до простору. Тому організація дорожнього руху повинна забезпечувати не максимальну швидкість будь-якою ціною, а збалансований режим використання вулиці.

З позицій транспортних технологій організація руху виконує роль операційного механізму, який поєднує планувальні рішення, нормативні вимоги та фактичну поведінку потоків. Саме через схему руху, режим регулювання, розподіл смуг, послідовність маневрів і розміщення знаків інженер впливає на пропускну здатність ділянки, рівень конфліктності та стабільність транспортного процесу.

Одним із базових завдань організації дорожнього руху є зниження аварійного ризику. Для цього важливо не лише встановити необхідні знаки чи нанести розмітку, а й зробити дорожню обстановку передбачуваною. Чим менше водій, пішохід або велосипедист змушений здогадуватися про допустимий напрямок руху чи пріоритет, тим нижча ймовірність помилки та раптового конфлікту.

Не менш важливим завданням є забезпечення раціонального використання пропускної здатності. У міських умовах дефіцит простору робить особливо цінними ті рішення, які дозволяють впорядкувати рух у межах наявної геометрії вулиці. До таких рішень належать перерозподіл смуг, уточнення напрямків руху, каналізування потоків, упорядкування паркування, коригування фаз регулювання та покращення умов проходження пішохідних потоків.

Для оцінювання стану транспортного потоку зазвичай використовують три взаємопов'язані показники: інтенсивність, швидкість і щільність. Саме вони дають змогу перейти від загального опису дорожньої ситуації до її кількісної характеристики та надалі обґрунтовувати необхідність організаційних змін [13; 14].

Таблиця 1.1 - Основні параметри транспортного потоку

Показник	Характеристика
Інтенсивність руху	кількість транспортних засобів, що проходять через певний переріз дороги за одиницю часу
Швидкість руху	середня швидкість транспортного потоку на ділянці дороги
Щільність потоку	кількість транспортних засобів на одиницю довжини дороги

Між наведеними параметрами існує пряма функціональна залежність: зі зростанням щільності потоку середня швидкість, як правило, зменшується, а резерв пропускної здатності скорочується. На практиці це означає, що погіршення умов руху виникає не миттєво, а накопичується поступово, поки ділянка не переходить у режим перевантаження.

Тому аналіз навіть простих залежностей між інтенсивністю та швидкістю має прикладне значення для організації руху. Він дозволяє побачити, у який момент вулиця починає працювати нестійко і які рішення можуть відтермінувати або зменшити прояви перевантаження.

Таблиця 1.2 - Залежність швидкості транспортного потоку від інтенсивності руху

Інтенсивність руху, авт/год	Середня швидкість, км/год
300	55
600	45
900	30
1200	18
1500	12

Подані залежності підтверджують, що ефективність вулично-дорожньої мережі визначається не окремим показником, а їх поєднанням. Саме тому під час інженерного опрацювання міських ділянок необхідно оцінювати транспортний потік комплексно, а не обмежуватися лише формальним підрахунком кількості транспортних засобів.

Ще одним завданням організації дорожнього руху є функціональний розподіл потоків у межах міської мережі. Для різних вулиць доцільними є різні режими експлуатації: одні повинні забезпечувати стійкий пропуск транзитних і районних потоків, інші - перш за все доступ до забудови та безпечний місцевий рух. Якщо такий розподіл не дотримано, локальні вулиці починають працювати в режимі, для якого вони не призначені.

У практичній роботі інженера важливу роль відіграє нормативна база, оскільки саме вона визначає допустимі параметри вулиці, вимоги до організації перехресть, до видимості, ширини смуг, умов проходження пішохідних і велосипедних потоків та застосування технічних засобів регулювання [3; 4].

Окрім загальних будівельних норм, окремими стандартами регламентуються дорожні знаки, дорожня розмітка, засоби заспокоєння руху та інші елементи організації дорожнього руху. Дотримання цих вимог забезпечує однакове сприйняття дорожньої інформації користувачами та знижує імовірність неоднозначного трактування схеми руху [7; 8].

Отже, організація дорожнього руху в системі транспортних технологій є не допоміжним, а базовим інструментом управління міською мобільністю. Вона поєднує безпекову, експлуатаційну та планувальну складові й виступає основою для подальшого аналітичного та проєктного опрацювання конкретних міських ділянок.

Безпека дорожнього руху в міських умовах визначається не одним окремим заходом, а узгодженою дією геометрії вулиці, режимів регулювання, технічних засобів організації руху та поведінки учасників. Для міста характерна висока насиченість простору конфліктами: тут одночасно перетинаються транспортні, пішохідні, велосипедні та громадські функції. Саме тому вимоги до безпеки на міських вулицях є вищими, ніж на ізольованих позаміських ділянках.

Першим принципом доцільно вважати передбачуваність дорожнього середовища. Коли схема руху читається однозначно, учасник руху витрачає менше часу на інтерпретацію ситуації і швидше приймає коректне рішення. Передбачуваність досягається узгодженістю знаків, розмітки, режиму світлофорного керування, геометрії підходів до перехресть і візуальної структури вулиці.

Другий принцип полягає в мінімізації конфліктних точок. Найбільшу небезпеку в міському русі створюють місця, де траєкторії учасників перетинаються, зближуються або змінюються в межах обмеженого простору. Чим менше таких точок і чим зрозуміліше вони організовані, тим нижчою є ймовірність ДТП та небезпечних маневрів.

Третім принципом є керованість швидкості. Для міської вулиці важлива не максимальна, а адекватна швидкість руху, яка відповідає характеру забудови, пішохідній активності та рівню транспортного навантаження. Поблизу житлових кварталів, зупинок, навчальних закладів і пішохідно насичених зон обмеження швидкості та елементи заспокоєння руху безпосередньо впливають на рівень ризику [5; 6].

Обов'язковою умовою безпечної організації руху є дотримання вимог чинних норм і стандартів. Вони задають не лише формальні параметри проєктування, а й логіку застосування технічних засобів у конкретних умовах. Тому інженерне рішення має бути одночасно і нормативно коректним, і функціонально виправданим.

Важливу роль відіграють і стандарти, що регламентують дорожні знаки, розмітку, засоби заспокоєння руху та інші технічні елементи. Саме завдяки уніфікованості цих засобів користувачі руху сприймають інформацію швидко й без додаткових сумнівів, а це безпосередньо пов'язано з безпекою.

Оцінювати безпеку ізольовано від параметрів транспортного потоку недоцільно. Інтенсивність, щільність та швидкість руху формують експлуатаційне середовище, у якому проявляються конфлікти, затримки й ризики. Тому аналіз безпеки обов'язково повинен спиратися і на кількісні характеристики потоку.

$$q = k \times v \quad (1.1)$$

де

q - інтенсивність транспортного потоку, авт/год;

k - щільність транспортного потоку, авт/км;

v - середня швидкість руху транспортного потоку, км/год.

Джерело: складено за [13].

Пропускна здатність смуги може бути визначена за формулою [13]:

$$P = \frac{3600}{t} \quad (1.2)$$

де

P - пропускна здатність смуги руху, авт/год;

t - середній часовий інтервал між транспортними засобами, с.

Джерело: складено за [13].

Ще одним принципом є обґрунтований розподіл потоків у межах ієрархії міської мережі. Магістральні вулиці, районні зв'язки та локальні вулиці не

повинні працювати за однаковими правилами. Коли на місцеву вулицю переноситься транзитне навантаження або на магістраль накладаються надмірні локальні конфлікти, безпека неминуче погіршується.

Отже, забезпечення безпеки дорожнього руху у місті базується на поєднанні передбачуваності, мінімізації конфліктів, контролю швидкості, дотримання нормативних вимог та правильного функціонального розподілу потоків. Саме така логіка є вихідною для аналізу досліджуваної ділянки і подальшого обґрунтування проєктних рішень.

Ефективність вулично-дорожньої мережі прямо залежить від того, як поводить ся транспортний потік у межах конкретної ділянки. Для міських вулиць це особливо важливо, оскільки навіть за незмінної геометрії умови руху можуть істотно відрізнятися залежно від інтенсивності, складу потоку, наявності пішохідної активності та режиму регулювання.

Транспортний потік доцільно розглядати як динамічну систему, стан якої визначається насамперед інтенсивністю, швидкістю та щільністю. Саме взаємодія цих параметрів показує, наскільки стійко працює ділянка, чи має вона резерв пропускнуої здатності та коли починаються прояви перевантаження.

Інтенсивність руху характеризує кількість транспортних засобів, що проходять через визначений переріз за одиницю часу. Для аналізу міських умов цей показник важливий не сам по собі, а в поєднанні з розподілом за напрямками, добовою нерівномірністю та структурою транспортного потоку.

Швидкість руху є інтегральним показником умов пересування. У міському середовищі вона залежить не лише від водія чи транспортного засобу, а й від відстані між вузлами, режиму роботи світлофорів, наявності зупинок громадського транспорту, паркування вздовж проїзної частини та пішохідної активності.

Щільність потоку показує, наскільки інтенсивно заповнено дорожній простір у певний момент. Зі зростанням щільності скорочуються інтервали між транспортними засобами, ускладнюється маневрування, зменшується резерв

безпечної дистанції та зростає чутливість потоку до будь-яких порушень режиму руху.

Для оцінювання експлуатаційного стану дороги широко використовують коефіцієнт завантаження, який порівнює фактичне навантаження з пропускнуою здатністю. Якщо його значення зростає, ділянка втрачає стійкість: збільшуються затримки, накопичуються черги, а випадкові збурення швидко поширюються на суміжні елементи мережі [13].

$$z = \frac{q}{P} \quad (1.3)$$

де

z - коефіцієнт завантаження дороги;

q - фактична інтенсивність руху, авт/год;

P - пропускна здатність дороги, авт/год.

Джерело: складено за [13].

На практиці ефективність функціонування вулично-дорожньої мережі пов'язана не лише з пропускнуою здатністю, а й з умовами безпечного зупинення транспортного засобу. Саме тому швидкість руху необхідно оцінювати разом із гальмівним шляхом, особливо в місцях, де є перетин із пішохідними потоками або складні маневри.

$$S = \frac{v^2}{2 \times g \times \phi} \quad (1.4)$$

де

S - гальмівний шлях транспортного засобу, м;

v - швидкість руху, м/с;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

ϕ - коефіцієнт зчеплення коліс з дорожнім покриттям.

Джерело: складено за [13].

Зі збільшенням швидкості гальмівний шлях зростає непропорційно, що особливо критично для міського середовища. Навіть за однакової інтенсивності

потоків різний швидкісний режим може формувати абсолютно різний рівень ризику для водіїв, пішоходів і велосипедистів.

Крім параметрів самого потоку, на роботу мережі впливають геометрія проїзної частини, кількість смуг, характер перехресть, режим світлофорного регулювання, паркування, рух громадського транспорту та інтенсивність пішохідних переходів. Саме сукупність цих чинників формує реальний експлуатаційний режим міської вулиці.

Отже, аналіз інтенсивності, швидкості, щільності, коефіцієнта завантаження та супутніх умов руху дає можливість не лише описати наявний стан, а й обґрунтувати потребу в організаційних змінах. Для досліджуваної ділянки такий аналіз є основою подальшого польового обстеження, проєктування та моделювання.

1.2. Останні теоретичні і прикладні розробки в Україні та світі

Сучасна організація дорожнього руху в містах дедалі більше відходить від підходу, за якого вулиця розглядалася переважно як простір для пропуску максимальної кількості автомобілів. У центрі уваги опиняється не лише транспортний потік як такий, а повний набір функцій міської вулиці: доступ до забудови, рух громадського транспорту, пішохідне пересування, велосипедні маршрути, короткочасне паркування та загальна якість міського середовища.

Практика останніх років показала, що механічне збільшення ширини проїзної частини не гарантує довготривалого покращення. Якщо простір не впорядкований, додатковий резерв швидко заповнюється новим попитом на поїздки, а конфлікти між різними користувачами вулиці лише зміщуються або посилюються. Саме тому сучасні рішення дедалі частіше орієнтуються на керованість руху в межах уже наявної геометрії.

На перший план виходить коридорне мислення: вулицю аналізують не фрагментарно, а як послідовність взаємопов'язаних вузлів і підходів. Це означає, що рішення щодо одного перехрестя, пішохідного переходу або смуги руху

оцінюють з урахуванням їхнього впливу на всю ділянку, а не лише на окрему точку.

Окремим напрямом став людиноорієнтований підхід. Його суть полягає в тому, що інженерне рішення перевіряється не тільки за показниками швидкості потоку, а й за тим, наскільки безпечним та зрозумілим воно є для пішохода, велосипедиста, пасажирів громадського транспорту, людини похилого віку або користувача з обмеженою мобільністю.

Не менш важливим є пріоритет громадського транспорту на тих вулицях, де він виконує значну перевізну функцію. Виділені смуги, пріоритет на регульованих вузлах, оптимізація зупинок і зменшення перешкод на підходах дозволяють підвищити стабільність роботи маршрутів і зменшити вплив випадкових затримок.

Паралельно з цим набув поширення підхід до збалансованої мобільності. Його зміст полягає в тому, що міська транспортна система повинна залишатися працездатною не лише для автомобіля, а й для інших способів пересування. Коли вулиця має зрозумілу пішохідну організацію, безпечні переходи та логічно вписану велосипедну інфраструктуру, транспортне навантаження розподіляється рівномірніше.

Важливе місце посідає й заспокоєння руху. У сучасній практиці це не розглядається як перешкода для транспорту, а як спосіб узгодити швидкісний режим із функціональним характером території. Для житлових районів, шкільних зон, локальних вулиць і ділянок з інтенсивним пішохідним рухом саме контроль швидкості є одним із головних інструментів безпеки [9; 10].

Ще одна характерна риса сучасних підходів - опора на фактичні дані. Відеофіксація, натурні підрахунки, GPS-дані, спостереження за чергами та часовими втратами дозволяють оцінювати проблему не інтуїтивно, а кількісно. Унаслідок цього організаційні рішення набувають інженерної аргументованості.

Продовженням цього підходу стало широке використання транспортного моделювання. Якщо раніше зміни нерідко впроваджувалися методом проб і помилок, то сьогодні все частіше кілька варіантів перевіряють у цифровому

середовищі. Це дозволяє заздалегідь оцінити, як зміняться затримки, середня швидкість, довжина черг і характер маневрування.

У сучасних містах значну увагу приділяють також управлінню попитом на пересування. Паркувальна політика, обмеження транзиту на чутливих ділянках, зміна схем доступу до генераторів поїздок і пріоритет громадського транспорту дають змогу впливати не лише на наслідки перевантаження, а й на його причини.

Для українських міст ці підходи мають особливе значення, оскільки часто доводиться працювати в умовах сформованої забудови, обмеженого резерву простору та конфлікту між різними способами пересування. Саме тому цінність сучасного підходу полягає не у формальному копіюванні чужих рішень, а в умінні адаптувати їх до конкретної міської ситуації.

Узагальнюючи, до ключових сучасних підходів можна віднести системне планування в межах коридору, пріоритет безпеки над формальним нарощуванням пропускної здатності, використання фактичних транспортних даних, розвиток збалансованої мобільності, заспокоєння руху та застосування мікромоделювання перед упровадженням змін.

Отже, сучасна організація дорожнього руху в містах базується на поєднанні інженерного аналізу, нормативних вимог і нового підходу до міської вулиці як до багатофункціонального простору. Саме така логіка є найбільш доречною для дослідження ділянки вул. Родини Глаголевих, де потрібно одночасно врахувати безпеку, читабельність руху та ефективність функціонування вузлів.

Зарубіжна практика переконливо показує, що стабільність міського руху досягається не стільки постійним розширенням проїзної частини, скільки точним налаштуванням режимів роботи вулиці. У більшості європейських міст і міст Північної Америки ключовими стали системність рішень, контроль швидкості, пріоритет громадського транспорту та обов'язкова перевірка наслідків запропонованих змін.

Одним із найрезультативніших підходів є коридорне управління. У цьому випадку послідовність перехресть розглядається як єдина система, а сигнальні

плани, схема руху й логіка підходів налаштовуються так, щоб зменшити кількість зайвих зупинок і зробити режим пересування більш рівномірним.

Показовим є досвід країн, де вулиці чітко поділяються за функцією. Для магістральних напрямків забезпечується стабільне проходження основних потоків, тоді як вулиці житлових районів проєктуються зі зниженими швидкостями та підвищеним пріоритетом безпеки. Такий підхід дозволяє не перевантажувати локальні вулиці транзитним рухом.

Системне заспокоєння руху є ще одним характерним елементом зарубіжної практики. Зони 30 км/год, підвищені переходи, локальні звуження, візуальні акценти та зміна траєкторії на в'їздах до житлових кварталів дають ефект не лише за рахунок формального обмеження швидкості, а й через зміну поведінки водія.

Широко використовується і кільцева організація руху на вузлах із середнім навантаженням. Її перевага полягає в зменшенні кількості конфліктних точок і більш рівномірному пропуску потоків. Водночас у щільній міській забудові доцільність такого рішення завжди оцінюється індивідуально з урахуванням габаритних обмежень.

Окремим напрямом є надання пріоритету громадському транспорту. Виділені смуги, пріоритетні сигнали, оптимізоване розміщення зупинок і скорочення конфліктів на підходах дозволяють підвищити швидкість та передбачуваність перевезень значно більшої кількості пасажирів, ніж це забезпечує індивідуальний транспорт.

Велике значення мають адаптивні системи світлофорного керування, які коригують режими залежно від фактичного навантаження. На відміну від жорстко фіксованого циклу, такі системи краще реагують на пікові та міжпікові умови й дають змогу зменшувати затримки без фізичного розширення вулиці.

У більшості розвинених країн обов'язковим елементом підготовки складних організаційних змін є транспортне моделювання. Цифрова перевірка дає змогу порівняти кілька сценаріїв і зрозуміти, як зміняться швидкість, черги, затримки та характер маневрування ще до початку реалізації рішення в натурі.

Вагомим чинником ефективності є і політика управління паркуванням. Чітко визначені місця стоянки, часові обмеження, тарифне регулювання та винесення паркування з критичних зон допомагають зберегти корисну ширину проїзної частини та покращити видимість на підходах до перехресть.

Зарубіжний досвід також підкреслює, що вулиця не може розглядатися лише як транспортний канал. У багатьох містах інженерні рішення приймаються з урахуванням того, як вулиця працює як частина міського середовища - біля житла, шкіл, зупинок, закладів обслуговування та громадських просторів.

Для узагальнення основних напрямів зарубіжної практики доцільно подати їх у стислому вигляді.

Таблиця 1.3 - Основні напрями зарубіжної практики оптимізації транспортних потоків

Напрямок	Суть підходу	Практичний ефект
Коридорне управління	Узгодження рішень для цілої послідовності перехресть	Зменшення затримок і кількості зупинок
Заспокоєння руху	Обмеження швидкості та зміна геометрії в небезпечних зонах	Підвищення безпеки
Кільцеві розв'язки	Зменшення кількості конфліктних точок	Більш рівномірний рух
Пріоритет громадського транспорту	Виділені смуги, спеціальні фази, оптимізація зупинок	Підвищення швидкості перевезень
Адаптивне керування світлофорами	Реагування на фактичне транспортне навантаження	Зниження черг і покращення пропускної здатності
Транспортне моделювання	Перевірка варіантів до впровадження	Обґрунтованість рішень
Управління паркуванням	Впорядкування стоянки та обмеження хаотичного паркування	Звільнення проїзної частини та покращення видимості

Для українських міст цей досвід доцільно використовувати не шляхом прямого копіювання, а через адаптацію загальних принципів до конкретної

геометрії вулиці, характеру забудови, структури потоку та нормативного поля. Саме такий підхід є найбільш продуктивним для інженерного опрацювання локальних міських ділянок.

Цифрові технології у плануванні дорожнього руху сьогодні виступають не допоміжним, а базовим інструментом аналізу. Вони дозволяють працювати не лише з геометрією вулиці, а й з її фактичним режимом функціонування: інтенсивністю, часовою нерівномірністю, характером черг, затримками, конфліктами та взаємодією різних груп учасників руху.

Перевага цифрового підходу полягає в можливості бачити дорожню ситуацію в динаміці. Для інженера важливо не просто знати розташування смуг, переходів і знаків, а розуміти, як поводить ся потік у різні періоди доби, де виникають нестійкі режими, які напрямки є критичними та які елементи інфраструктури створюють найбільший вплив на рух.

До найбільш поширених цифрових інструментів належать системи відеоспостереження, автоматизований підрахунок руху, GPS-моніторинг, геоінформаційні системи, адаптивне керування світлофорами та програмні комплекси транспортного моделювання. Кожен із цих засобів виконує окрему функцію, але найбільший ефект дає їх поєднане використання.

Важливо, що цифрові технології дозволяють перейти від реакції на вже сформовану проблему до її прогнозування. Якщо інженер має дані про часову нерівномірність потоків, структуру руху та роботу суміжних вузлів, він може виявити слабкі місця організації руху ще до того, як вони почнуть проявлятися у вигляді стійких заторів або аварійно небезпечних ситуацій.

Ключове місце серед цифрових інструментів посідає транспортне моделювання. Саме воно дає змогу не лише описати проблему, а й перевірити наслідки конкретних рішень: зміни розмітки, коригування напрямків руху, організації паркування, режиму регулювання чи розташування переходів.

Для аналізу міських вулиць найбільшу практичну цінність має мікромоделювання, оскільки воно відтворює поведінку окремих транспортних

засобів і дає змогу спостерігати процес накопичення черг, перестроювання, гальмування, проїзду перехресть та взаємодії з пішохідним рухом.

Саме тому в сучасній практиці широко застосовуються програмні комплекси на кшталт PTV Vissim, які дозволяють з високою деталізацією оцінювати роботу окремих ділянок. Їх цінність полягає в можливості порівнювати кілька сценаріїв і обирати той, що забезпечує кращий баланс між пропускнуою здатністю, безпекою та читабельністю руху.

Разом з тим цифрові інструменти не можуть замінити якісне польове обстеження. Будь-яка модель відтворює лише ті характеристики, які в неї закладено. Якщо вихідні інтенсивності, геометрія або структура потоку визначені неточно, похибка переноситься і на результати моделювання.

У цьому контексті важливою є роль графічних і планувальних програмних середовищ, що дозволяють точно відобразити геометрію досліджуваної ділянки, положення бордюрів, знаків, розмітки, переходів і напрямних елементів. Для міської вулиці навіть невеликі геометричні відхилення можуть істотно вплинути на поведінку потоку в моделі.

Цифровий підхід тісно пов'язаний і з автоматизованими системами керування рухом. Якщо традиційне регулювання працює за наперед заданими циклами, то сучасні адаптивні системи можуть змінювати параметри керування відповідно до реальної дорожньої ситуації, що особливо важливо для перевантажених міських вузлів.

Ще одна перевага цифрових технологій полягає в аналітичній гнучкості. Інженер може оцінити не один, а кілька альтернативних сценаріїв, порівняти їх за набором показників і лише після цього переходити до практичного впровадження. Такий підхід істотно знижує ризик помилкових рішень.

Водночас результати цифрового аналізу слід трактувати в комплексі з польовими спостереженнями, нормативними вимогами та професійним інженерним судженням. Цифрове середовище не підміняє проєктувальника, а надає йому обґрунтовані вихідні дані для прийняття рішень.

Для українських міст застосування цифрових технологій є особливо важливим, оскільки дає змогу аргументовано обґрунтовувати зміни в умовах обмеженого простору, сформованої забудови та високої чутливості міського середовища до навіть невеликих організаційних втручань.

1.3. Методологія і методика дослідження

Якість будь-якого рішення в сфері організації дорожнього руху напряму залежить від того, наскільки точно зібрані та опрацьовані вихідні дані. Якщо на етапі фіксації інтенсивності, геометричних параметрів вулиці або структури транспортного потоку допущено похибки, то навіть грамотно побудована схема руху може виявитися неефективною. Саме тому в транспортному плануванні збір даних розглядається не як формальна підготовча стадія, а як повноцінна основа для подальшого аналізу, проєктування та моделювання.

У міських умовах транспортні дані зазвичай отримують кількома способами одночасно. Найпоширенішим є натурне обстеження. Воно дає змогу зафіксувати реальну картину руху безпосередньо на місці: інтенсивність транспортних і пішохідних потоків, склад потоку за типами транспортних засобів, режими маневрування на перехрестях, наявність затримок, роботу світлофорних об'єктів, особливості паркування, вплив зупинок громадського транспорту, фактичне користування переходами та конфліктні ситуації. Перевага цього методу полягає в тому, що він дозволяє побачити не лише формальну схему руху, а й реальну поведінку учасників. У межах міської вулиці це особливо важливо, бо саме фактична поведінка часто відрізняється від тієї, яку умовно передбачає проєктна організація.

Під час натурального обстеження зазвичай виконують підрахунок транспортних засобів за напрямками руху. Для перехресть найбільш інформативним є розподіл за маневрами: рух прямо, поворот праворуч і поворот ліворуч. Така деталізація потрібна не лише для розуміння завантаження вузла, а й для подальшого створення транспортної моделі. Коли фіксується лише загальна інтенсивність без розподілу за напрямками, отримані дані втрачають

значну частину аналітичної цінності. Для кожного підходу до перехрестя формується окрема матриця руху, що дозволяє встановити, які саме потоки створюють основне навантаження, а які мають другорядний характер.

Розрахунок інтенсивності руху виконується за базовою залежністю

$$q = \frac{N}{t} \quad (1.5)$$

де

q - інтенсивність транспортного потоку, авт/год;

N - кількість транспортних засобів, зафіксованих за період спостереження;

t - тривалість спостереження, год.

Якщо облік проводиться протягом 15 або 30 хвилин, отримане значення приводять до годинного інтервалу. Такий підхід зручний у разі обмеженого часу спостереження, проте для міських умов більш надійним є облік у межах повної години, а в ідеалі - у кількох часових інтервалах, щоб охопити піковий і міжпіковий режими роботи вулиці.

Окремо враховується структура транспортного потоку. Поділ на легкові автомобілі, вантажний транспорт, автобуси, мікроавтобуси, спецтехніку та, за потреби, мотоцикли дає змогу точніше оцінити фактичне навантаження на ділянку. Однакова кількість транспортних засобів може створювати зовсім різний ефект залежно від складу потоку. Наприклад, значна частка автобусів і вантажних автомобілів збільшує часові інтервали, ускладнює маневрування та впливає на пропускну здатність підходів до перехресть. Частка окремого виду транспорту визначається співвідношенням

$$pi = \frac{Ni}{N} \times 100\% \quad (1.6)$$

де

pi - частка транспортних засобів певного типу;

Ni - кількість транспортних засобів відповідної групи;

N - загальна кількість транспортних засобів у потоці;

Для подальших інженерних розрахунків склад потоку нерідко приводять до умовних легкових автомобілів, оскільки транспорт різних категорій по-різному впливає на рух. У такому разі застосовують коефіцієнти приведення, а приведена інтенсивність визначається як сума добутків кількості транспортних засобів кожного виду на відповідний коефіцієнт. Це дає можливість точніше порівнювати завантаження різних напрямків і коректніше оцінювати пропускну здатність [13].

Крім транспортного обліку, важливим методом збору даних є фото- та відеофіксація. Вона дозволяє не лише дублювати результати ручного підрахунку, а й деталізувати ситуацію вже після завершення виїзду на об'єкт. Відеозапис дає можливість повторно переглянути спірні моменти, уточнити кількість маневрів, проаналізувати черги, часові інтервали між транспортними засобами, поведінку пішоходів, випадки несанкціонованого перетину проїзної частини, вплив припаркованих автомобілів на видимість та маневрування. Для міського середовища це особливо цінно, оскільки в польових умовах не всі деталі можна одразу коректно зафіксувати.

Ще один обов'язковий блок вихідної інформації - геометричні параметри вулиці. До них належать ширина проїзної частини, кількість смуг, фактична ширина смуг, наявність і розміщення бордюрів, островців безпеки, тротуарів, місць паркування, пішохідних переходів, зупинок, напрямних огорожень та інших елементів організації руху. Геометрія дороги безпосередньо впливає на пропускну здатність, швидкість руху та можливість виконання маневрів [11]. У практичній роботі такі дані можуть збиратися як шляхом безпосередніх вимірювань, так і за допомогою топографічної основи, ортофотопланів, відкритих картографічних сервісів або робочих схем, які уточнюються на місці.

Для аналізу режимів роботи світлофорних об'єктів використовується хронометраж. У його межах фіксується тривалість дозволяючих, забороняючих та проміжних сигналів, черговість фаз, наявність окремих секцій для поворотів, особливості пішохідного виклику, синхронізація з іншими світлофорними вузлами. Без таких даних неможливо коректно відтворити наявний стан у

транспортній моделі. Якщо модель не враховує фактичну роботу регулювання, вона починає показувати умовну, а не реальну ситуацію.

Після збору матеріалу настає етап обробки. На цьому етапі виконується перевірка повноти даних, усунення дублювання, групування результатів за напрямками руху, формування підсумкових таблиць та перетворення польових записів у зручний для аналізу формат. Одним із важливих завдань є виявлення пікових періодів. Для цього порівнюються часові інтервали спостереження та визначається година з найбільшим навантаженням. Саме піковий період зазвичай використовується як розрахунковий при оцінюванні ефективності організації руху.

Для характеристики нерівномірності руху може застосовуватися коефіцієнт годинної нерівномірності або відношення максимальної інтенсивності за короткий проміжок часу до середньогодинної. Це дозволяє оцінити, наскільки потік стабільний протягом обраного періоду. Якщо за п'ятнадцятихвилинними інтервалами спостерігаються різкі коливання, це свідчить про нестабільний режим руху та потребує обережності під час моделювання.

На етапі обробки доцільно також визначати середню затримку, довжину черги та орієнтовну кількість зупинок транспортних засобів на проблемних підходах. Частина цих показників може бути отримана безпосередньо з відеоматеріалів або в польових умовах шляхом візуального спостереження. Навіть якщо такі оцінки мають наближений характер, вони дуже корисні для подальшої перевірки моделі: якщо цифрова модель показує принципово іншу картину, ніж фактично спостерігалася на ділянці, це означає, що її параметри потребують уточнення.

Сучасна практика все частіше доповнює натурні методи цифровими джерелами інформації. Ідеться про GPS-треки, автоматичні детектори транспорту, матеріали з камер спостереження, геоінформаційні системи та дані мобільності. Проте для міської вулиці локального або районного значення натурне обстеження все одно зберігає першочергове значення. Воно дає не лише

цифри, а й розуміння контексту: чому саме утворюється черга, який маневр є конфліктним, де виникає обмеження видимості, як поводяться пішоходи, як впливають зупинки чи хаотичне паркування. Без цього контексту сухий масив даних втрачає значну частину своєї цінності.

Польові транспортні обстеження є основою для об'єктивної оцінки стану організації дорожнього руху на конкретній ділянці вулично-дорожньої мережі. Саме під час безпосереднього виїзду на об'єкт з'являється можливість зафіксувати не лише формальну схему руху, а й реальну поведінку транспортних і пішохідних потоків. Для міських вулиць це особливо важливо, оскільки фактичний режим роботи ділянки нерідко відрізняється від того, який умовно можна припустити за кресленням або супутниковим знімком.

Методика польових обстежень передбачає кілька послідовних етапів. Спочатку визначаються межі досліджуваної ділянки та ключові точки спостереження. До них належать перехрестя, пішохідні переходи, місця концентрації транспортних затримок, зупинки громадського транспорту, виїзди з прилеглих територій, а також ділянки з інтенсивним паркуванням. На цьому ж етапі встановлюються часові межі спостереження. Для міських умов найважливішими є ранковий та вечірній пікові періоди, оскільки саме в цей час найбільш чітко проявляються недоліки наявної організації руху.

Під час виїзду на об'єкт виконується натурне обстеження геометричних параметрів вулиці. Фіксуються ширина проїзної частини, кількість смуг руху, фактична ширина смуг, розташування бордюрів, тротуарів, місць паркування, пішохідних переходів, островців безпеки, зупинок громадського транспорту та технічних засобів організації дорожнього руху. Якщо в межах ділянки є локальні звуження, нестандартні радіуси поворотів або елементи, що обмежують видимість, вони також підлягають обов'язковій фіксації.

Наступним етапом є візуальне обстеження наявної схеми організації руху. На цій стадії оцінюється фактичне розміщення дорожніх знаків, стан дорожньої розмітки, відповідність технічних засобів вимогам нормативних документів, а також логіка побудови руху на підходах до перехресть. Окрема увага

приділяється наявності конфліктних точок, де траєкторії транспортних і пішохідних потоків можуть перетинатися або надмірно зближуватися.

Одним із ключових елементів польового обстеження є підрахунок інтенсивності руху. Облік транспортних засобів виконується за кожним напрямком окремо, з поділом на рух прямо, ліворуч і праворуч. Такий підхід дозволяє не просто отримати загальне навантаження на вузол, а зрозуміти, які саме маневри формують найбільші затримки. Паралельно доцільно вести облік за складом потоку: легкові автомобілі, вантажний транспорт, автобуси, маршрутні транспортні засоби, спеціальна техніка. Для міських умов це має велике значення, оскільки навіть за однакової загальної інтенсивності різний склад потоку створює різне навантаження на вуличну мережу.

Окремо підраховуються пішохідні потоки. У межах міської ділянки саме пішоходи часто визначають потребу в додатковому переході, зміні світлофорного циклу або впровадженні заходів заспокоєння руху. Під час спостереження доцільно фіксувати не лише кількість пішоходів, а й напрямки їх фактичного руху. Якщо люди масово перетинають проїзну частину поза межами існуючого переходу, це є ознакою того, що наявна організація не відповідає реальній логіці користування вулицею.

Для підвищення точності обліку застосовується фото- та відеофіксація. Вона дає можливість повторно переглянути ситуацію вже після завершення польового етапу, уточнити спірні моменти, перевірити інтенсивність за напрямками, визначити середню довжину черг та проаналізувати поведінку учасників руху. Відеоматеріали особливо корисні в тих випадках, коли на ділянці одночасно відбувається кілька процесів, які складно повністю відстежити під час безпосереднього спостереження.

Якщо ділянка обладнана світлофорним регулюванням, окремо проводиться хронометраж роботи світлофорного об'єкта. Фіксується тривалість основних і проміжних фаз, наявність додаткових секцій, порядок зміни сигналів, а також особливості пішохідного регулювання. Така інформація є необхідною для подальшого відтворення наявного стану в транспортній моделі.

Після завершення польового етапу здійснюється первинна обробка отриманих результатів. Усі дані систематизуються, перевіряються на повноту та узгодженість, групуються за напрямками руху й часовими інтервалами. На основі отриманих матеріалів формуються таблиці інтенсивності, схеми маневрування, опис геометричних характеристик ділянки та перелік виявлених проблем. Саме на цьому етапі стає зрозуміло, які елементи вулично-дорожньої мережі працюють задовільно, а які потребують змін.

Перевага польових транспортних обстежень полягає в тому, що вони дозволяють отримати реальну, а не умовну картину функціонування вулиці. Для міських умов це особливо важливо, оскільки на транспортний процес суттєво впливають паркування, зупинки громадського транспорту, пішохідна активність, локальні геометричні обмеження та неформальна поведінка водіїв. Саме тому результати польових обстежень є базою як для подальшого аналізу організації руху, так і для побудови транспортної моделі наявного та проєктного стану.

Транспортне моделювання в межах дипломної роботи використовується як інструмент перевірки рішень ще до їхнього реального впровадження. Для міської вулиці це особливо важливо, оскільки навіть невелика зміна в розмітці, режимі регулювання або схемі маневрування може помітно вплинути на затримки, довжину черг і безпеку руху. Саме тому моделювання дозволяє перейти від припущень до більш обґрунтованої оцінки: не просто запропонувати зміну, а перевірити, як вона працюватиме в реальних умовах.

У транспортній практиці модель потрібна не для створення "красивої картинки", а для відтворення фактичної поведінки потоку на конкретній ділянці. Якщо наявна схема організації руху виявляється неефективною, це має бути видно в моделі так само, як і на місцевості. Якщо ж модель не показує тих черг, затримок і конфліктів, які реально спостерігаються на вулиці, значить вона не може вважатися надійною основою для подальшого аналізу. Через це методика моделювання повинна будуватися поетапно і спиратися на фактичні вихідні дані.

Першим етапом є створення цифрової основи досліджуваної ділянки. Для цього використовуються матеріали натурних вимірювань, схема наявного стану,

фото- та відеофіксація, результати візуального обстеження. У модель переносяться геометричні параметри вулиці: ширина проїзної частини, кількість смуг, конфігурація підходів до перехресть, положення пішохідних переходів, островців безпеки, бордюрів, місць паркування, зупинок громадського транспорту та інших елементів, що реально впливають на рух. Для міської ділянки точність геометрії має принципове значення, тому що помилка навіть у незначному елементі може змінити характер накопичення транспорту або маневрування на перехресті.

Другим етапом є внесення транспортного навантаження. У цифрову модель закладаються значення інтенсивності руху за всіма напрямками, які були отримані під час польового обстеження. Потоки задаються не загально по вулиці, а окремо для кожного підходу та кожного маневру. Це дозволяє побачити, які саме напрямки формують найбільше навантаження, де виникають затримки, а які маневри мають другорядний характер. Окремо враховується склад транспортного потоку, оскільки наявність автобусів, вантажного транспорту або сервісних автомобілів помітно впливає на динаміку руху, темп розгону та проходження поворотів.

Наступним кроком є налаштування правил руху в межах моделі. На цьому етапі задаються маршрути транспортних засобів, конфліктні точки, пріоритети проїзду, можливості перестроювання, режими обгону, а також параметри руху пішохідів. Якщо ділянка має світлофорне регулювання, у модель вносяться фактичні режими роботи світлофорів: тривалість фаз, черговість сигналів, окремі секції для поворотів, пішохідні фази та інші особливості. Якщо ж ідеться про нерегульований вузол, відтворюються правила пріоритету, умови в'їзду у конфліктну зону та поведінка транспортних засобів на другорядних напрямках.

Після побудови базової моделі обов'язково проводиться її калібрування. Це один із найвідповідальніших етапів, оскільки саме він показує, наскільки цифровий варіант відповідає реальній дорожній ситуації. Калібрування передбачає поетапне уточнення параметрів моделі до такого рівня, за якого її поведінка стає наближеною до фактичної. Якщо на досліджуваній ділянці в

реальних умовах формується черга на конкретному підході, модель повинна це відтворювати. Якщо в натурних умовах спостерігається тривала затримка лівоповоротного руху, вона також має проявлятися в моделі. У протилежному випадку будь-які висновки щодо проєктного стану будуть сумнівними.

Калібрування виконується шляхом порівняння модельних результатів із даними польового обстеження. Оцінюються не лише загальні параметри, а й характер руху в цілому: довжина черг, середня затримка, кількість зупинок, завантаження смуг, проходження окремих маневрів, робота світлофорних фаз. У міських умовах особливо важливо, щоб модель правильно відображала моменти, коли вузол починає працювати на межі пропускної здатності. Саме в цих ситуаціях найчастіше проявляються недоліки організації руху.

Після калібрування модель проходить перевірку на адекватність. На цій стадії з'ясовується, чи можна використовувати її як інструмент для оцінки проєктних рішень. Якщо модель стабільно відтворює ключові характеристики наявного стану, її можна вважати придатною до подальшої роботи. Якщо ж відмінності між фактичними та модельними параметрами залишаються суттєвими, необхідно повернутися до попереднього етапу та уточнити вихідні налаштування.

Лише після цього виконується побудова проєктного варіанта. До моделі вносяться зміни, передбачені запропонованою схемою організації дорожнього руху. Це можуть бути нові знаки, скоригована розмітка, зміни у режимі паркування, уточнені напрямки руху, корекція світлофорного регулювання, нові пішохідні переходи, інший розподіл смуг або зміни в організації конфліктних маневрів. Усі ці заходи мають оцінюватися не ізольовано, а в комплексі, оскільки міська вулиця працює як єдина система, де один елемент неминуче впливає на інші.

Аналіз ефективності виконується шляхом порівняння результатів моделювання наявного та проєктного станів. Основна увага приділяється тим показникам, які найбільш чітко характеризують роботу ділянки в реальних умовах. До них належать середня затримка транспортного засобу, середня

швидкість руху, кількість зупинок, довжина та стабільність черг, а також пропускна здатність окремих напрямків. У міських умовах саме затримка та кількість зупинок часто виявляються більш показовими, ніж середня швидкість, оскільки вони краще відображають реальний комфорт і стабільність руху.

Окремо оцінюється вплив запропонованих змін на пішохідний рух і загальну безпеку ділянки. Для вулиці в межах міської забудови це не менш важливо, ніж пропускна здатність. Рішення не може вважатися вдалим, якщо воно формально прискорює автомобільний потік, але при цьому погіршує умови переходу проїзної частини або підсилює конфлікт між транспортом і пішоходами. Через це результати моделювання аналізуються не лише з позиції швидкості руху, а й з погляду збалансованості всієї схеми.

У роботі важливо також враховувати, що сама по собі модель не приймає рішень. Вона лише показує, як транспортна система поводитиметься за певних умов. Остаточний висновок завжди формується на основі поєднання модельних результатів, польових спостережень, вимог нормативної бази та логіки функціонування конкретної вулиці. Саме така послідовність дозволяє уникнути формального підходу, коли цифрове середовище використовується лише для підтвердження заздалегідь обраного варіанта.

У підсумку методика транспортного моделювання та аналізу ефективності організації руху ґрунтується на кількох послідовних діях: побудові точної геометричної основи, внесенні фактичних транспортних даних, відтворенні наявного стану, калібруванні моделі, перевірці її адекватності, розробленні проєктного варіанта та порівняльній оцінці отриманих результатів. Саме такий підхід дає можливість не лише описати проблеми досліджуваної ділянки, а й обґрунтовано довести доцільність запропонованих змін у системі організації дорожнього руху.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ НАЯВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ВУЛ. РОДИНИ ГЛАГОЛЄВИХ У М. КИЄВІ

2.1. Географічна та містопланувальна характеристика вулиці

Ділянка вул. Родини Глаголевих, що розглядається у дипломній роботі, розташована в межах Шевченківського району міста Києва. Це підтверджується матеріалами Київської міської ради щодо перейменування вулиць, де вулиця Родини Глаголевих прямо віднесена до Шевченківського району, а також міськими документами, у яких об'єкти на цій вулиці фігурують як такі, що належать до Шевченківського району столиці. Важливо і те, що в попередніх матеріалах вулиця мала іншу назву - вулиця Академіка Грекова, тому під час роботи з картографічними або архівними даними це потрібно враховувати, щоб уникнути плутанини у просторовому аналізі.

У структурі міської транспортної мережі Києва ця вулиця не виконує функції загальноміської магістралі. Її роль значно практичніша і ближча до повсякденного користування: вона забезпечує внутрішньорайонні транспортні зв'язки, під'їзд до житлової забудови, об'єктів соціальної інфраструктури та взаємодію з суміжними вулицями більш високого планувального значення. Саме в цьому полягає одна з характерних рис таких міських вулиць: вони не завжди сприймаються як ключові транспортні осі на карті міста, але фактично беруть на себе значну частину локальних і розподільчих переміщень. У межах щільної міської забудови саме подібні ділянки часто стають чутливими до зміни інтенсивності руху, режимів паркування та організації перехресть.

Розглядувана в дипломній роботі частина вулиці обмежена вулицями Ризькою та Юрія Глушка. Уже сама така прив'язка показує, що ділянка функціонує не ізольовано, а як частина локального транспортного коридору, що зв'язує кілька міських напрямків у межах одного району. Для міського середовища це має принципове значення, оскільки завантаження подібних відрізків формується не лише за рахунок транспорту, що безпосередньо обслуговує прилеглі будинки, а й за рахунок перерозподілу потоків із сусідніх

вулиць. Інакше кажучи, вулиця в такій конфігурації працює як ланка між житловою забудовою і ширшою мережею районних переміщень, а не тільки як під'їзд до окремих будівель.

У просторовому сенсі ця ділянка перебуває в середовищі сформованої міської забудови, де транспортна функція тісно переплітається з житловою, соціальною та пішохідною. Наявність на вул. Родини Глаголевих об'єктів дошкільної інфраструктури, зокрема закладу освіти за адресою вул. Родини Глаголевих, 16, є показовою ознакою того, що вулиця обслуговує не лише автомобільний рух, а й повсякденні поїздки мешканців, короткі локальні переміщення, пішохідні маршрути та підвезення дітей. За такої містопланувальної ситуації питання безпеки переходів, видимості, швидкісного режиму та впорядкованого розміщення транспорту набувають особливої ваги.

Якщо розглядати ділянку в логіці міської транспортної ієрархії, її доцільно сприймати як вулицю локально-розподільчого значення. Вона не повинна акумулювати транзит, характерний для великих магістралей, однак фактично може потрапляти під вплив такого транзиту в години пікового навантаження, коли водії шукають альтернативні шляхи об'їзду перевантажених напрямків. У подібних умовах на локальну вулицю накладаються функції, які спочатку не були для неї визначальними. Саме це часто стає причиною погіршення умов руху: транспортний потік починає працювати не в тому режимі, який відповідає характеру забудови, і вулиця поступово втрачає баланс між транспортною та міською функцією.

З транспортної точки зору важливо, що вулиця перебуває у середовищі сформованої квартальної структури, де значний вплив на режим руху мають суміжні перехрестя, виїзди з прилеглих територій, пішохідні переходи, паркування та робота громадського транспорту. Для таких ділянок типовою є ситуація, коли формально невелике навантаження в загальноміському масштабі дає відчутний локальний ефект: затримки на одному підході, черги на повороті, ускладнений виїзд із другорядного напрямку або нестабільний режим руху в пікову годину. Саме тому аналіз місця вулиці в транспортній мережі не

зводиться до простого визначення району чи адресних меж. Важливо показати, яке реальне навантаження вона приймає в структурі міських зв'язків і чому навіть порівняно коротка ділянка потребує детального аналізу.

Окремо варто врахувати, що вулиця Родини Глаголевих фігурує в офіційних документах Києва не лише як адресний елемент, а і як простір, де здійснюються міські роботи та функціонують бюджетні установи. Це вказує на її включеність у стабільно освоєну частину міста, а не в периферійну або малозадіяну територію. Для транспортного аналізу такий контекст важливий, бо він підтверджує постійний характер користування вулицею і пояснює, чому питання організації руху тут мають не разовий, а системний характер.

У межах дипломної роботи ця ділянка розглядається як показовий приклад міської вулиці, де поєднуються кілька типових для Києва чинників: сформована забудова, наявність соціальних об'єктів, локально значущі перехрестя, пішохідна активність, потреба в доступі до прилеглих територій та вплив транспортних потоків суміжної мережі. Саме така комбінація робить її придатною для аналізу не лише з погляду формальної схеми руху, а й з позиції реальної роботи вуличного простору. Унаслідок цього отримані результати можуть мати ширше значення, ніж просто оцінка одного конкретного відрізка: вони дозволяють показати, як у щільній міській структурі локальна вулиця реагує на навантаження та які саме інженерні рішення можуть дати найбільш відчутний ефект.

З огляду на розташування між вулицями Ризькою та Юрія Глушка, а також на характер навколишньої забудови, досліджувана ділянка виконує роль важливої внутрішньорайонної транспортної ланки. Вона забезпечує щоденне функціонування локального транспортного середовища і водночас чутливо реагує на будь-які зміни в організації руху. Саме тому її місце в структурі транспортної мережі міста слід оцінювати не за формальним масштабом, а за реальним функціональним навантаженням, яке вона приймає в умовах сучасного Києва.

Для узагальнення просторової структури досліджуваної ділянки доцільно виокремити основні вузли, через які формується її транспортна та пішохідна робота.

Просторове положення ключових вузлів досліджуваної ділянки наведено на рис. 2.1.

Ключові вузли досліджуваної ділянки за супутниковими матеріалами

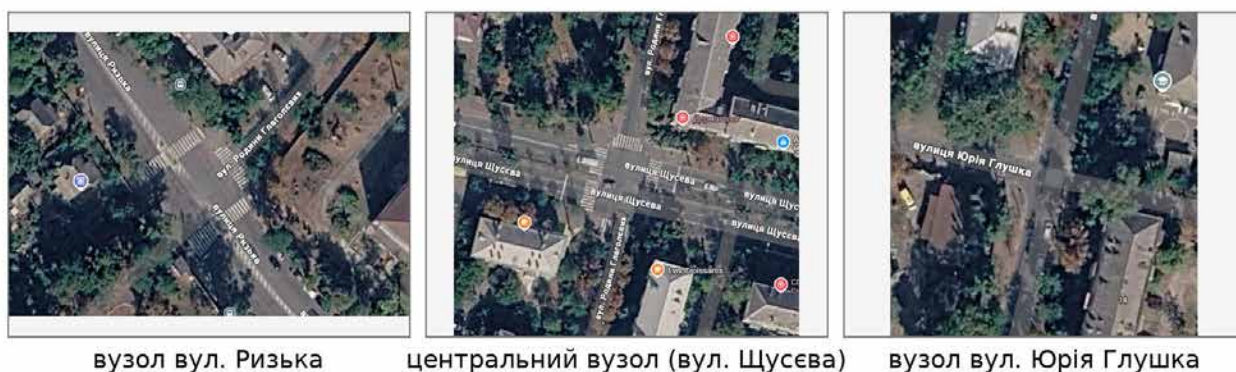


Рис. 2.1 - Ключові вузли досліджуваної ділянки за супутниковими матеріалами

Таблиця 2.1 - Основні вузли досліджуваної ділянки

Вузол	Функціональна роль	Характерні особливості
Перетин з вул. Ризькою	західний вхід на досліджувану ділянку	формує вхідний потік, потребує чіткого спрямування руху та безпечного перетину пішоходів
Перетин з вул. Щусева	центральний регульований вузол	поєднує основні маневрові потоки, громадський транспорт і найбільшу кількість конфліктних точок
Примикання вул. Юрія Глушка	східний вузол завершення ділянки	потребує зрозумілої організації допустимих напрямків та впорядкування місцевих маневрів

Ділянка вул. Родини Глаголевих між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка сформована в умовах щільної міської забудови, де дорожній простір використовується одночасно для руху транспорту, пішохідного сполучення, короткочасної стоянки та доступу до прилеглих об'єктів. Саме така

багатофункціональність визначає особливості її геометрії та впливає на роботу всієї ділянки. На відміну від магістральних вулиць із чітко вираженим транспортним пріоритетом, тут інфраструктура працює в більш напруженому режимі, оскільки кожен елемент вулиці безпосередньо впливає на суміжні.

За результатами польового обстеження було встановлено, що проїзна частина на досліджуваному відрізку має змінну робочу ширину. Формально вулиця забезпечує двосторонній рух, однак фактичні умови проїзду в різних місцях відрізняються через вплив припаркованих транспортних засобів, примикань, локальних звужень та підходів до перехресть. Центральна розділювальна смуга на ділянці відсутня, тому поділ зустрічних потоків забезпечується розміткою та самою траєкторією руху. Для міської вулиці такого типу це є типовим, однак за підвищеної інтенсивності або наявності нерегламентованого паркування така схема швидко втрачає запас стійкості.

Геометрія підходів до перехресть має особливе значення, оскільки саме там формується основне навантаження. На досліджуваній ділянці ключовими є два вузли, які фактично визначають режим роботи всієї вулиці. Ширина проїзної частини на підходах до них впливає на можливість накопичення транспорту, виконання лівих і правих поворотів, а також на ступінь взаємного блокування маневрів. Якщо на звичайному відрізку вулиці нестача ширини ще може компенсуватися нижчою швидкістю, то на перехресті вона відразу проявляється у вигляді затримок, вимушених зупинок і конфліктів між транспортними потоками.

Важливою складовою інфраструктури є тротуари, які супроводжують проїзну частину та забезпечують пішохідні зв'язки між житловою забудовою, зупинками, перехрестями й об'єктами соціального призначення. Для цієї ділянки характерне поєднання транспортної та пішохідної функцій, тому стан і ширина пішохідної частини не можна розглядати як другорядний чинник. Пішохідний рух тут не є епізодичним, а має повсякденний характер, тому розташування переходів, наявність зручних підходів і видимість у зоні перетину проїзної частини прямо впливають на безпеку. Саме з цієї причини оцінка геометрії

вулиці повинна охоплювати не лише транспортний профіль, а й пішохідну інфраструктуру.

Окрему роль відіграє система пішохідних переходів. Вони організовують точки перетину транспортних і пішохідних потоків, а їх розміщення суттєво впливає на швидкісний режим і характер руху на підходах до перехресть. Якщо перехід розташований логічно та відповідає фактичним напрямкам руху пішоходів, він працює як елемент упорядкування. Якщо ж пішохідна логіка не збігається з наявною схемою, частина руху переміщується у неформальні точки переходу, і це вже створює додатковий ризик. Для досліджуваної ділянки такий аспект є принциповим, оскільки вона функціонує не лише як транспортний коридор, а і як вулиця повсякденного міського користування.

До складу інфраструктури вулиці входять також технічні засоби організації дорожнього руху: дорожні знаки, розмітка, світлофорне регулювання, напрямні елементи та інші засоби візуального й функціонального впливу на потоки. Їх розташування повинно відповідати геометрії вулиці, а не існувати окремо від неї. Якщо розмітка не підкріплена реальною шириною смуги, а знак встановлений у місці з обмеженою оглядовістю, ефективність такого рішення істотно знижується. Для цієї ділянки важливим є саме поєднання геометричних параметрів із засобами регулювання, оскільки в міському середовищі вони працюють тільки в комплексі.

Суттєвий вплив на роботу вулиці має паркування. Навіть за відносно достатньої геометричної ширини проїзної частини наявність транспортних засобів уздовж бордюру зменшує її ефективний переріз. Унаслідок цього звичайний двосторонній рух періодично переходить у більш напружений режим, коли транспорт змушений знижувати швидкість, змінювати траєкторію або чекати на можливість роз'їзду. Для міської ділянки між житловою та громадською забудовою це має системний характер, оскільки паркування фактично стає частиною щоденної роботи вулиці, а не випадковим явищем.

Інфраструктурне значення мають і зупинки громадського транспорту, якщо вони розташовані в межах впливу досліджуваної ділянки або суміжних

вузлів. Навіть коли сама зупинка не знаходиться безпосередньо в центрі обстежуваного відрізка, її близькість до перехрестя може суттєво впливати на накопичення транспорту, маневрування та пішохідну активність. Для міської мережі характерно, що такі елементи працюють не ізольовано, а як частина єдиного простору, де один об'єкт формує навантаження на інший.

Освітлення, стан покриття, читаність розмітки та загальний технічний стан вулиці також входять до характеристики інфраструктури. У світлу пору доби недоліки цих елементів можуть частково компенсуватися візуальною орієнтацією водія, однак у вечірній час або за несприятливих погодних умов їх вплив стає значно відчутнішим. Через це геометричні параметри та інфраструктура повинні розглядатися як єдина система, де навіть дрібний недолік може підсилити дію більшого організаційного порушення.

З урахуванням наведеного, досліджувана ділянка вул. Родини Глаголевих характеризується як міська вулиця з двостороннім рухом, змінною фактичною шириною проїзної частини, активним пішохідним середовищем, наявністю перехресть, місць стоянки та комплексу технічних засобів організації дорожнього руху. Її геометрія та інфраструктура формують основу для подальшого аналізу ефективності функціонування, оскільки саме вони визначають межі можливих проєктних рішень і впливають на поведінку транспортних та пішохідних потоків у межах досліджуваного відрізка.

Основні просторові та функціональні характеристики ділянки доцільно узагальнити окремо.

Таблиця 2.2 - Просторово-функціональна характеристика досліджуваної ділянки

Параметр	Характеристика
Містобудівний контекст	сформована житлова забудова з локальними об'єктами обслуговування та активними пішохідними зв'язками
Транспортна роль	внутрішньорайонний розподільчий зв'язок між суміжними вулицями та квартальними під'їздами
Пішохідна активність	підвищена біля перехресть, переходів, зупинок і точок щоденного тяжіння населення
Фактори, що впливають на пропускну здатність	маневри на вузлах, вплив стоянки, регульовані переходи, нерівномірність транспортних потоків
Інженерна інфраструктура	тротуари, переходи, дорожні знаки, розмітка, світлофорне регулювання, контактна мережа міського транспорту

Досліджувана ділянка вул. Родини Глаголевих розташована в межах сформованої міської забудови, де вуличний простір виконує не лише транспортну, а й повсякденну житлову та соціальну функцію. Це не ізольований відрізок дороги, а частина середовища, в якому щодня поєднуються поїздки мешканців, короткі локальні переміщення, під'їзд до житлових будинків, рух пішоходів, користування громадським транспортом та обслуговування прилеглих об'єктів. Саме такий характер території визначає підвищені вимоги до безпеки, зрозумілості схеми руху та впорядкованості дорожнього простору.

Прилегла забудова має переважно житловий характер із включенням об'єктів повсякденного тяжіння. Для міських вулиць такого типу це означає постійну наявність локальних поїздок невеликої довжини, коли транспортний потік формується не стільки транзитом, скільки виїздами та заїздами до житлових кварталів, місць короткочасної зупинки, об'єктів обслуговування та закладів соціальної інфраструктури. Через це вулиця працює в режимі частих маневрів, зміни швидкості, локального накопичення транспорту та активної взаємодії з пішохідним рухом. У таких умовах навіть незначні недоліки в

організації руху швидко переходять у практичну проблему: ускладнюється виїзд із прилеглих територій, знижується оглядовість, зростає кількість конфліктів біля переходів і перехресть.

Забудова вздовж досліджуваної ділянки формує стабільний попит на транспортне й пішохідне обслуговування протягом усього дня. У ранкові та вечірні години домінують поїздки мешканців до місць роботи, навчання та назад, а вдень збільшується частка коротких локальних переміщень. Це створює характерну для міських вулиць нерівномірність навантаження: в окремі періоди ділянка працює відносно спокійно, а в пікові години навіть за не дуже великої абсолютної інтенсивності можуть формуватися затримки через обмежений простір, парковку, пішохідні переходи та вплив перехресть. Тобто вирішальну роль тут відіграє не лише кількість автомобілів, а й сам режим функціонування вулиці в житловому міському середовищі.

Важливою ознакою прилеглої території є поєднання транспортної та пішохідної активності. Для житлової забудови з об'єктами щоденного користування типовою є велика кількість коротких пішохідних маршрутів між будинками, зупинками, перехрестями, місцями паркування та об'єктами обслуговування. Це означає, що організація дорожнього руху на такій вулиці не може будуватися виключно навколо пропуску транспортного потоку. Тут обов'язково потрібно враховувати логіку пересування пішоходів, тому що саме вона часто визначає фактичні точки перетину проїзної частини, навіть якщо вони не повністю збігаються з формально нанесеною схемою переходів. Якщо транспортна організація не враховує ці зв'язки, у вуличному просторі з'являються небезпечні неформальні сценарії поведінки.

Транспортні зв'язки досліджуваної ділянки формуються через її взаємодію з вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка, а також із системою прилеглих внутрішньорайонних проїздів і під'їздів. Саме це визначає її роль як розподільчої міської вулиці, що забезпечує переміщення між локальними кварталами та вулицями вищого значення. Інакше кажучи, вона не працює як повноцінна магістраль, але при цьому бере участь у розподілі потоків між окремими

елементами міської мережі. Для таких ділянок характерна особлива чутливість до зміни режиму руху на сусідніх вулицях. Будь-яке перевантаження суміжного напрямку, обмеження на одному з підходів або зміна схеми проїзду можуть одразу змінити інтенсивність руху на досліджуваному відрізку.

Суттєвий вплив на транспортні зв'язки має і характер примикань до прилеглих територій. У межах житлової забудови вони створюють додаткові точки входу та виходу транспорту, які не завжди мають однакову інтенсивність, але разом формують складний рисунок маневрування. У результаті транспортний потік на вулиці не є однорідним. Частина автомобілів рухається транзитно в межах району, частина виконує короткі під'їзди до будинків або закладів, частина займається пошуком місця для стоянки, а це вже безпосередньо впливає на загальну стабільність руху. Для міського відрізка з активною прилеглою забудовою такий змішаний режим є типовим, проте саме він потребує найбільш уважного підходу до організації руху.

Окремо слід врахувати вплив громадського транспорту та пішохідного доступу до нього. Навіть якщо зупинка не розташована точно в центрі досліджуваного відрізка, сама присутність маршрутів громадського транспорту поблизу збільшує пішохідну активність, формує додаткові переходи через проїзну частину та впливає на темп руху транспорту на підходах до вузлів. У міських умовах це має особливе значення, тому що рух автомобілів, пішоходів і пасажирів громадського транспорту тут постійно взаємодіє, а отже транспортна схема повинна бути не лише ефективною, а й достатньо гнучкою.

Прилегла забудова також впливає на режим паркування. Для житлових і змішаних територій типова висока потреба в коротко- та довготривалій стоянці, що безпосередньо змінює фактичну робочу ширину проїзної частини. Вулиця перестає бути простим двосмуговим простором для руху і починає працювати в значно складнішому режимі, де транспорт змушений враховувати припарковані автомобілі, маневри виїзду, відкривання дверей, обмеження оглядовості та звуження підходів до перехресть. Для досліджуваної ділянки цей аспект є важливим не лише з погляду пропускну здатності, а й з позиції безпеки, оскільки

саме поєднання парковки, пішохідних маршрутів і змішаного характеру забудови часто створює найризикованіші точки.

Якщо розглядати ділянку ширше, у межах транспортної мережі району, то її роль можна визначити як локально-розподільчу. Вона забезпечує підключення житлового середовища до суміжних вулиць і водночас приймає частину переміщень, які виникають унаслідок нерівномірного навантаження на сусідню мережу. Це означає, що її функціонування не можна аналізувати ізольовано лише в межах власного поперечного профілю. Потрібно враховувати і зв'язки з довколишньою забудовою, і характер пересування мешканців, і вплив суміжних вулиць. Саме такий підхід дає можливість оцінити ділянку не як формальний відрізок між двома перехрестями, а як реальний елемент транспортного середовища міста.

У результаті прилегла забудова та транспортні зв'язки досліджуваної ділянки формують складний міський контекст, у якому організація дорожнього руху повинна одночасно враховувати локальний транспортний попит, пішохідну активність, режим доступу до житлових і соціальних об'єктів, вплив паркування та взаємодію із суміжною вуличною мережею. Саме ця сукупність факторів пояснює, чому навіть відносно невелика міська вулиця потребує детального аналізу і чому її вдосконалення слід розглядати як елемент комплексного покращення транспортного середовища району.

2.2. Польове обстеження організації дорожнього руху на вулиці

Польове транспортне обстеження на досліджуваній ділянці вул. Родини Глаголевих виконувалося з метою одержання фактичних даних про інтенсивність та структуру транспортних потоків, характер маневрування на вузлах, умови руху пішоходів і загальний стан організації дорожнього руху. Обстеження охоплювало відрізок між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка і базувалося на поєднанні натурного огляду, фотофіксації, підрахунку інтенсивності руху та подальшого опрацювання матеріалів у графічному середовищі.

На першому етапі було уточнено межі ділянки, визначено два основні вузли для проведення підрахунків, виконано візуальне обстеження геометричних параметрів проїзної частини, розміщення пішохідних переходів, острівців безпеки, дорожніх знаків, напрямних елементів і горизонтальної розмітки. Такий підхід дозволив оцінити ділянку не лише з позиції загального плану, а і як реальний міський простір із конкретними транспортними та пішохідними зв'язками.

Підрахунок транспортних потоків проводився у ранковий піковий період окремо на двох характерних вузлах. Для першого вузла облік виконувався у часовому інтервалі 7:30-8:00, для другого - 8:00-8:30. У межах кожного вузла транспортні засоби фіксувалися за напрямками руху та за видами: легкові автомобілі, мотоцикли, вантажні автомобілі різної вантажопідйомності, а також велосипеди й легкий персональний транспорт. Саме така структура даних була потрібна для подальшого аналізу та транспортного моделювання.

Важливим результатом польового етапу стало підготовлення графічної основи ділянки - схеми наявного стану організації дорожнього руху, на якій відображено конфігурацію вулиці, розташування перехресть, дорожніх знаків, розмітки, пішохідних переходів і напрямних елементів. На базі цієї схеми надалі було сформовано проєктне рішення, а отримані матеріали використано для побудови транспортної моделі.

Послідовність виконання польового обстеження доцільно подати узагальнено у вигляді таблиці.

Таблиця 2.3 - Програма польового транспортного обстеження

Етап	Зміст робіт	Результат
1	Визначення меж досліджуваної ділянки	Обрано відрізок між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка
2	Візуальне обстеження і фотофіксація	Зафіксовано наявний стан вулиці та вузлів
3	Підрахунок транспортних потоків	Отримано дані за напрямками руху та видами транспорту
4	Опрацювання матеріалів	Підготовлено схему наявного стану та дані для подальшого аналізу

У результаті застосована методика забезпечила одержання вихідних матеріалів, достатніх для аналізу інтенсивності та структури руху, виявлення проблемних місць та розроблення комплексної схеми організації дорожнього руху.

Як графічну основу обстеження доцільно використати схеми наявного та проєктного станів ділянки.

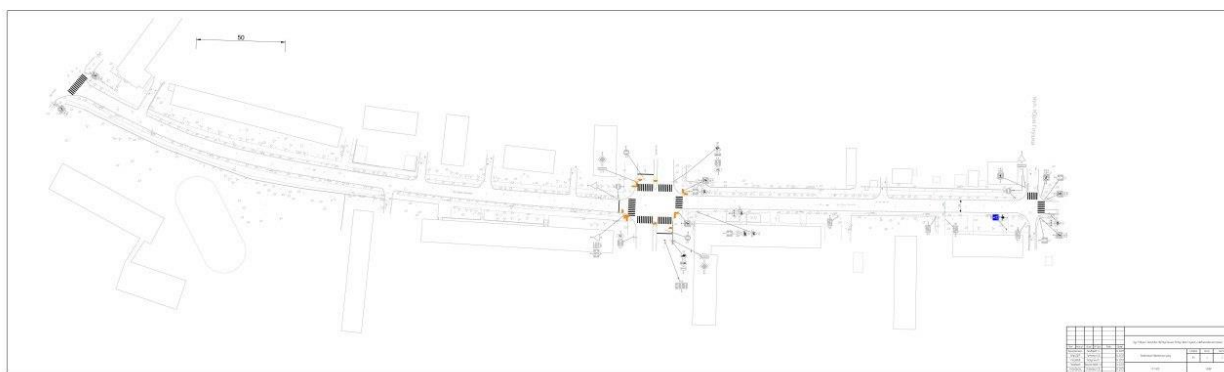


*Рис. 2.2 - Схема наявного стану організації дорожнього руху на вул. Родини
Глаголевих*

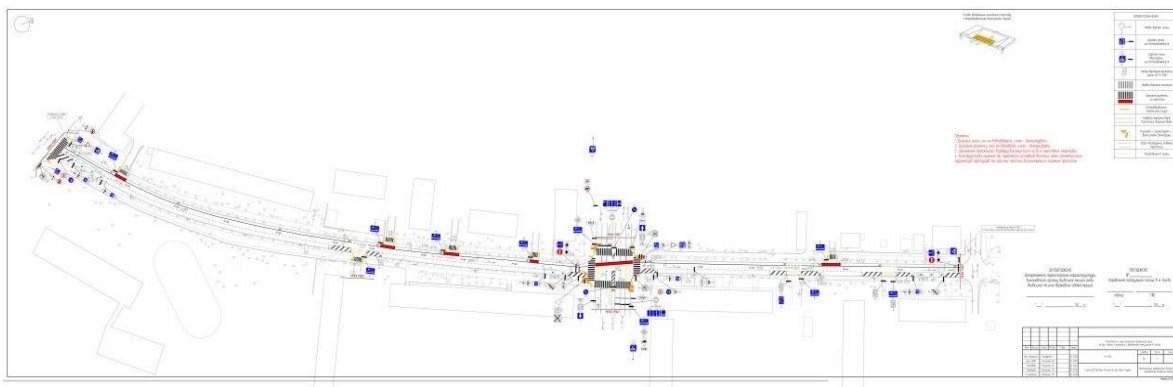


*Рис. 2.3 - Схема проєктного стану організації дорожнього руху на вул. Родини
Глаголевих*

Аналіз інтенсивності та структури транспортних потоків виконувався за результатами підрахунків на двох характерних вузлах досліджуваної ділянки. Отримані дані дали змогу оцінити не лише сумарне навантаження, а й визначити напрями руху, на яких формується найбільша концентрація транспортного потоку.

На першому вузлі у часовому інтервалі 7:30-8:00 було зафіксовано 237 транспортних одиниць. Найбільш навантаженим виявився напрямок С-D - 95 од., дещо менше транспортних засобів зафіксовано на напрямку В-D - 78 од., а найменше - на напрямку А-D - 64 од. У структурі потоку домінують легкові автомобілі, частка яких становить понад 94 %.

Таблиця 2.4 - Інтенсивність та структура транспортного потоку на першому
вузлі (7:30-8:00)

Напрямо к	Легкові	Мотоци кли / мопеди	Вантажн і до 3,5 т	Вантажн і від 3,5 до 8 т	Велосип еди / легкий персона льний транспо рт	Разом, од.
А-D	61	0	1	2	0	64
В-D	76	0	0	1	1	78
С-D	87	2	3	0	3	95
Разом	224	2	4	3	4	237

З урахуванням тривалості спостереження 30 хвилин приведена до години інтенсивність для першого вузла становить 474 од./год. Такий показник свідчить про помірне за загальним обсягом, але достатньо концентроване навантаження на окремих напрямках руху.

На другому вузлі у часовому інтервалі 8:00-8:30 було зафіксовано 226 транспортних одиниць. Основна частина потоку припадає на напрямок В-С - 171 од., тоді як на напрямку А-С обліковано 55 од. Структура потоку також характеризується переважанням легкових автомобілів, частка яких становить понад 97 %.

Таблиця 2.5 - Інтенсивність та структура транспортного потоку на другому вузлі (8:00-8:30)

Напрямо к	Легкові	Мотоци кли / мопеди	Вантажн і до 3,5 т	Вантажн і від 3,5 до 8 т	Велосип еди / легкий персона льний транспо рт	Разом, од.
А-С	54	1	0	0	0	55
В-С	166	3	2	0	0	171
Разом	220	4	2	0	0	226

Приведена до години інтенсивність для другого вузла становить 452 од./год. Порівняння двох вузлів показує, що за сумарним навантаженням вони функціонують у близькому діапазоні, однак мають різний характер розподілу транспортних потоків за окремими напрямками.

Таблиця 2.6 - Порівняння інтенсивності руху на основних вузлах досліджуваної ділянки

Вузол	Час спостереження	Кількість транспортних одиниць за 30 хв	Приведена інтенсивність, од./год
Перший вузол Вул. Щусєва	7:30-8:00	237	474
Другий вузол Вул. Ризька	8:00-8:30	226	452

Отримані результати свідчать, що на досліджуваній ділянці переважає індивідуальний легковий транспорт, а найбільш проблемними є ті напрямки, де інтенсивність руху концентрується в межах одного підходу. Саме ці особливості були враховані під час обґрунтування проєктних рішень.

Наочне зіставлення приведеної до години інтенсивності на вузлах спостереження подано на рис. 2.4.

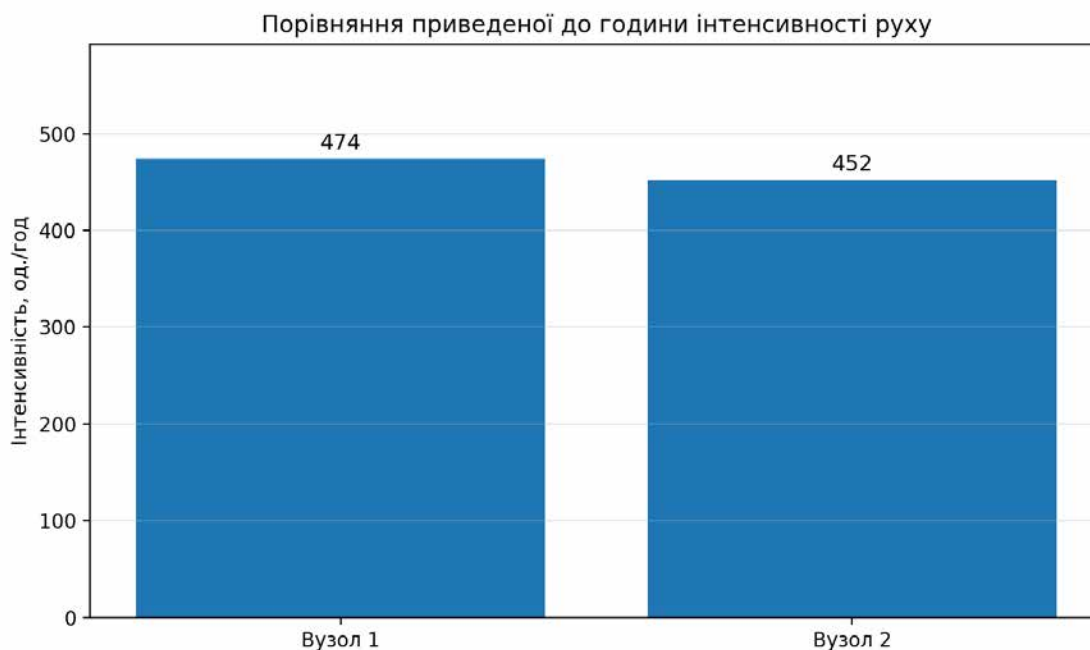


Рис. 2.4 - Порівняння приведеної до години інтенсивності руху на основних вузлах

На підставі натурного обстеження, аналізу схеми наявного стану та фотофіксації встановлено, що проблемність досліджуваної ділянки визначається не стільки абсолютним рівнем інтенсивності, скільки поєднанням кількох конфліктогенних чинників: неоднорідною геометрією підходів, концентрацією маневрових потоків у межах вузлів, активним пішохідним рухом і локальним впливом стоянки та зупинково-пішохідних процесів.

У вузлі біля вул. Ризької найбільш чутливими є точки входу транспорту на досліджуваний відрізок та перетину з пішохідним потоком. Центральний вузол на перетині з вул. Щусева є найбільш складним за кількістю потенційних конфліктів, оскільки саме тут поєднуються транспортні потоки різних напрямків, світлофорне регулювання, рух громадського транспорту, пішохідні переходи та попит на виконання маневрів. У районі примикання вул. Юрія Глушка додатковим фактором ризику виступає потреба у своєчасному орієнтуванні водія щодо допустимих напрямків руху.

До найбільш характерних недоліків наявної організації руху належать недостатня візуальна структурованість окремих підходів, надмірно широкі зони перетину траєкторій, локальна неоднозначність у сприйнятті пріоритетів та маневрів, а також недостатній рівень просторового відокремлення пішохідних і велосипедних переміщень від автомобільного потоку. Особливо це проявляється у центральному вузлі, де будь-яка помилка маневру або несвоєчасне прийняття рішення водієм одразу впливає на кілька суміжних потоків.

Таблиця 2.7 - Основні недоліки наявної організації дорожнього руху

N	Виявлена проблема	Місце прояву	Наслідок
1	Нерівномірний розподіл транспортного потоку	Перший і другий вузли	Локальні затримки та ускладнення маневрування
2	Концентрація навантаження на окремих напрямках	Напрямки С-Д та В-С	Підвищення конфліктності у піковий період
3	Активна взаємодія транспортних і пішохідних потоків	Зони пішохідних переходів	Зростання вимог до організації безпеки
4	Складність сприйняття вузлової обстановки	Підходи до перехресть	Ризик помилок у виборі траєкторії руху

Окремого значення набуває пішохідна складова. Наявність переходів, соціально чутливих об'єктів, маршрутів до зупинок та локальної забудови формує постійний попит на короткі перетини вулиці. За відсутності достатньо чіткої просторової організації це підвищує вимоги до видимості, передбачуваності та логіки розміщення технічних засобів організації руху.

Фотофіксація підтверджує, що характерними для досліджуваної ділянки є конфлікти у зонах перетину транспортних і пішохідних потоків, а також складні маневрові ситуації на підходах до вузлів. На окремих фрагментах ділянки добре помітні елементи, які потребують чіткого каналізування руху, покращення орієнтування водія та підвищення захищеності пішоходів і велосипедистів.

Отже, проблемність досліджуваної ділянки має комплексний характер і пов'язана з одночасним впливом геометрії, режиму регулювання, структури транспортного потоку, пішохідної активності та характеру забудови. Саме це й обумовило потребу в розробленні не окремих локальних змін, а цілісної схеми організації дорожнього руху для всього коридору.

Фотофіксація елементів пішохідної та велосипедної інфраструктури



Рис. 2.5 - Фотофіксація елементів пішохідної та велосипедної інфраструктури на досліджуваній ділянці

Фотофіксація центрального вузла та конфліктних точок

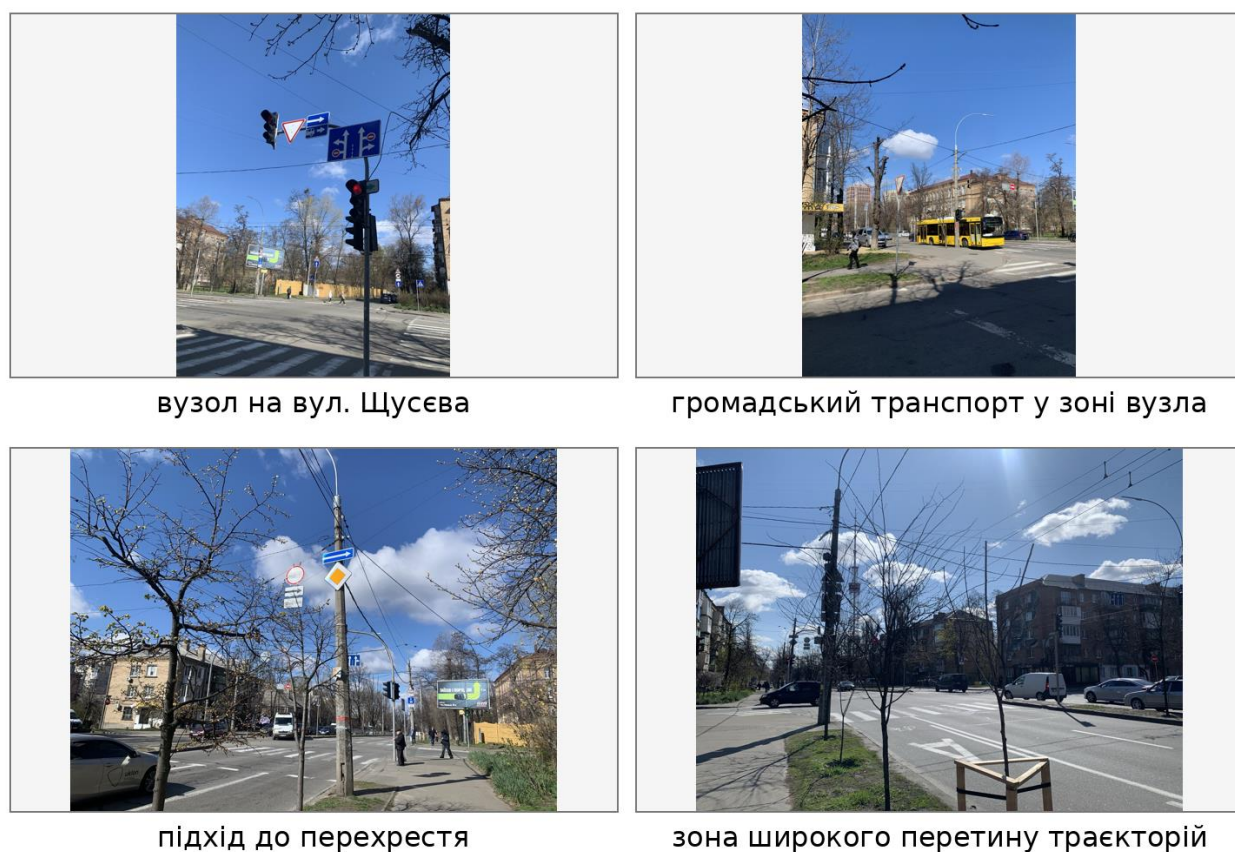


Рис. 2.6 - Фотофіксація центрального вузла та локальних конфліктних точок

2.3. Розробка комплексної схеми організації дорожнього руху на вулиці

Потреба у розробленні комплексної схеми організації дорожнього руху на вул. Родини Глаголевих зумовлена результатами натурного обстеження, які

показали, що наявний стан не забезпечує достатньої логічності й передбачуваності руху на всьому досліджуваному відрізку. Проєктні рішення формувалися не ізольовано для окремого перехрестя, а як єдина система заходів для коридору між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка.

При обґрунтуванні проєкту було прийнято за основу кілька взаємопов'язаних критеріїв: підвищення безпеки дорожнього руху, зменшення кількості конфліктних точок, підвищення читаності вузлів, покращення умов переходу для пішоходів, упорядкування велосипедного руху, а також збереження необхідної транспортної функції вулиці. На лівому вузлі акцент було зроблено на структуризації входу на ділянку, у центральному - на каналізуванні конфліктного вузла, на правому - на уточненні допустимих напрямків та впорядкуванні місцевих маневрів.

У сукупності проєкт спрямований не на механічне збільшення пропускної здатності, а на підвищення керованості руху. Саме такий підхід є найбільш доцільним для міської вулиці в межах сформованої забудови, де транспортний простір повинен одночасно працювати для автомобілів, пішоходів, велосипедистів і громадського транспорту.

Таблиця 2.8 - Обґрунтування основних проєктних рішень

Виявлена проблема	Запропоноване рішення	Очікуваний ефект
Конфліктність потоків на підходах до вузлів	Уточнення схеми дорожніх знаків і розмітки	Зменшення кількості конфліктних маневрів
Нечітка організація руху у вузлах	Каналізування та впорядкування напрямків руху	Підвищення передбачуваності дорожньої обстановки
Активна пішохідна складова	Уточнення переходів і напрямних елементів	Підвищення безпеки пішоходів
Локальні затримки на найбільш навантажених напрямках	Комплексне узгодження рішень у межах усієї ділянки	Покращення умов пропуску транспортного потоку

Принципово важливо, що запропоновані зміни мають коридорний характер. Вони узгоджують між собою дорожні знаки, розмітку, напрямні елементи, організацію переходів та просторове виділення функціональних зон вулиці. Завдяки цьому водій отримує більш послідовну й зрозумілу логіку проходження всієї ділянки, а не лише окремої точки.

Запропонована комплексна схема організації дорожнього руху охоплює весь досліджуваний відрізок між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка і передбачає впорядкування системи дорожніх знаків, горизонтальної розмітки, напрямних елементів, пішохідних переходів та велосипедної інфраструктури. Зміни мають комплексний характер і формують єдину візуально зрозумілу систему для всіх учасників руху.

За матеріалами проєкту та додатків передбачено значний обсяг технічних засобів організації дорожнього руху: 3 попереджувальні знаки, 9 заборонних, 4 наказові, 41 інформаційно-вказівний знак та 20 табличок до дорожніх знаків. Така кількість пояснюється тим, що проєкт вирішує не одне локальне завдання, а формує цілісну систему орієнтування, пріоритету й спрямування руху на всій ділянці.

Практичний зміст запропонованих змін полягає в тому, що водій завчасно отримує інформацію про допустимі напрямки, обмеження маневрів, режим руху та особливості проходження вузлів. Для пішоходів і велосипедистів проєкт створює більш безпечний і безперервний простір, де траєкторії руху краще відокремлені та візуально підкреслені.

Таблиця 2.9 - Узагальнена відомість дорожніх знаків, передбачених проектом

Група дорожніх знаків	Кількість, шт.
Попереджувальні	3
Заборонні	9
Наказові	4
Інформаційно-вказівні	41
Таблички до дорожніх знаків	20
Разом	77

Не менш важливою складовою проекту є горизонтальна дорожня розмітка, за допомогою якої впорядковуються траєкторії руху, позначаються пішохідні переходи, спрямовувальні елементи, острівці безпеки та велосипедні переїзди. У запропонованому вирішенні розмітка виконує не лише інформативну, а й формоутворюючу функцію: вона буквально збирає простір вулиці в логічно впорядкований коридор.

У межах вузлів проект передбачає каналізування руху за допомогою острівців безпеки, напрямних поверхонь і чіткої смугової організації. Особливо це помітно у центральному вузлі, де шляхом поєднання розмітки, знаків і конструктивних елементів зменшується площа невизначеного простору та покращується сприйняття траєкторій маневру.

Таблиця 2.10 - Основні види горизонтальної дорожньої розмітки, застосовані в проекті

Вид розмітки	Характер застосування на ділянці
Поздовжня та осьова розмітка	Розподіл транспортних потоків і впорядкування руху вздовж вулиці
Пішохідні переходи	Організація безпечного перетину проїзної частини
Стоп-лінії та напрямні лінії	Упорядкування руху на підходах до вузлів
Спрямовувальна і острівцева розмітка	Каналізування транспортних потоків та підвищення читаності схеми

З точки зору просторової логіки запропонована схема містить кілька функціональних блоків: впорядкування дорожніх знаків, уточнення режимів руху, узгодження переходів, організацію велосипедного зв'язку, впровадження островців безпеки та локальне переформатування поперечного профілю. Для ілюстрації типової просторової моделі проєкту на рис. 2.7 наведено схематичний поперечний профіль вулиці.



Рис. 2.7 - Проектний поперечний профіль вул. Родини Глаголевих на типовому фрагменті ділянки

Наведений профіль демонструє принцип просторового розподілу вуличного середовища, що покладений в основу проєкту: формування зрозумілої смуги руху, локальне розміщення паркування з лівого боку, виділення велосипедної доріжки з правого боку, наявність зелених буферних смуг та повноцінних пішохідних зон. Такий підхід дозволяє не лише впорядкувати потоки, а й підвищити якість міського простору.

Очікуваний ефект від впровадження запропонованої схеми пов'язаний насамперед із підвищенням передбачуваності дорожнього середовища, покращенням умов пропуску транспортних потоків і зниженням конфліктності на вузлах. Завдяки чіткішому розподілу функціональних зон, уточненню напрямків руху та впровадженню конструктивних елементів безпеки ділянка повинна працювати стабільніше навіть за нерівномірного навантаження окремих підходів.

Для пішоходів очікується підвищення безпеки переходу за рахунок кращої видимості, острівців безпеки, більш чіткого позначення переходів і логічнішої організації траєкторій руху. Для велосипедистів важливим результатом є поява більш читабельного та фізично відокремленого зв'язку в межах ділянки. Для водіїв основний ефект полягає у зменшенні кількості неоднозначних ситуацій та покращенні орієнтування під час проходження вузлів.

З урахуванням аналізу наявного стану очікуваний результат проєкту доцільно оцінювати за трьома напрямками: безпека, якість організації руху та просторовий порядок. Якщо у наявному стані основною проблемою були широкі зони конфлікту та нерівномірна інформативність, то в проєктному стані ключову роль повинні відігравати каналізування потоків, чіткіша система пріоритетів і просторове розмежування учасників руху.

Таблиця 2.11 - Очікуваний вплив запропонованих заходів на функціонування ділянки

Напрямок впливу	Очікуваний результат
Передбачуваність руху	Покращення читаності дорожньої обстановки для водіїв і пішоходів
Конфліктність маневрів	Зменшення кількості точок взаємного блокування потоків
Транспортні затримки	Зниження локального накопичення транспорту на вузлах
Пішохідна безпека	Покращення умов переходу проїзної частини
Загальна ефективність	Більш стабільне функціонування ділянки в піковий період

Остаточну кількісну оцінку результативності проектних рішень доцільно виконувати за допомогою транспортного моделювання. Водночас уже на етапі якісного аналізу можна стверджувати, що запропонована схема створює передумови для зменшення локальних затримок, зниження конфліктності маневрів і покращення умов руху для пішоходів та велосипедистів. Саме ця логіка надалі перевіряється у розділі 3 за допомогою транспортного мікромоделювання.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ДІЛЯНЦІ

У третьому розділі виконується інженерна перевірка тих рішень, які були запропоновані для досліджуваної ділянки вул. Родини Глаголевих у межах від вул. Ризької до вул. Юрія Глушка. Якщо в другому розділі увага була зосереджена на виявленні проблем існуючої схеми руху та розробленні комплексу заходів, то на цьому етапі головним завданням є кількісна оцінка того, як змінюється робота ділянки після впровадження проєктних рішень.

Мікромоделювання дозволяє перейти від якісних припущень до числово підтверджених висновків. За його допомогою можна простежити, як поводить się транспортний потік у часі, як формуються затримки на підходах, у яких місцях виникають локальні черги, наскільки стійко працюють вузли та чи справді запропоновані зміни покращують умови руху. Саме тому модель у цій роботі використовується не як формальне доповнення, а як основний інструмент перевірки ефективності проєктного стану.

3.1. Збір вихідних даних для проведення імітаційного транспортного мікромоделювання

Підготовка вихідних даних для імітаційної моделі розглядалася як окремий і принципово важливий етап дослідження. Для того щоб модель коректно відтворювала реальну ситуацію, до неї було закладено не лише узагальнену інтенсивність руху, а й структуру потоку, розподіл маневрів за напрямками, фактичну геометрію вулиці, розташування переходів, островців безпеки, місць паркування та інших елементів, що впливають на поведінку учасників руху.

База вихідних даних формувалася за принципом взаємної перевірки: числові результати натурних підрахунків зіставлялися з фото- та відеофіксацією, а геометричні параметри уточнювалися за графічними матеріалами і фактичною конфігурацією вулиці. Така побудова вихідної інформації зменшує ризик випадкових похибок і підвищує надійність подальшого моделювання.

Під час формування бази даних окремо виділялися ті елементи, які мають найбільший вплив на режим роботи ділянки: маневри на вузлах, нерівномірність руху по смугах, вплив зупинок, пішохідних переходів та локального паркування. У результаті база даних мала не загальний описовий характер, а інженерно-прикладну спрямованість.

Формування бази транспортних даних починалося з узагальнення результатів натурних спостережень, виконаних у ранковий піковий період. Первинні підрахунки були систематизовані за вузлами спостереження, напрямками руху та видами транспортних засобів. Такий підхід дозволив перейти від окремих польових записів до єдиної інформаційної основи, придатної для заповнення вхідних параметрів транспортної моделі.

$$q_{\text{год}} = q_{\text{сп}} \times \frac{60}{t} \quad (3.1)$$

де

$q_{\text{год}}$ - приведена годинна інтенсивність руху, од./год;

$q_{\text{сп}}$ - кількість транспортних одиниць, зафіксованих за період спостереження, од.;

t - тривалість спостереження, хв.

Приведення результатів короткочасного підрахунку до годинного інтервалу потрібне не лише для формальної зручності. Саме в такому вигляді вхідний потік використовується під час задання інтенсивності у моделі та подальшого зіставлення результатів для різних вузлів. Крім того, це дає можливість працювати з єдиним часовим масштабом і уникати помилок під час порівняння окремих напрямків.

Для першого вузла, розташованого ближче до примикання з вул. Ризькою, у межах 30-хвилинного спостереження було зафіксовано 237 транспортних одиниць. Цей результат свідчить про достатньо активний рух уже на початковій частині досліджуваного коридору, що обумовлює потребу в точному відтворенні підходів та маневрів у моделі.

$$q1 = 237 \times \frac{60}{30} = 474 \text{ од./год} \quad (3.2)$$

Для другого вузла, який працює в тіснішому взаємозв'язку з центральною частиною досліджуваної ділянки, за такий самий період спостереження було зафіксовано 226 транспортних одиниць. Незважаючи на дещо менше абсолютне значення, саме на цій частині вулиці вирішальне значення має не лише інтенсивність як така, а й взаємний вплив маневрів, пішохідного руху та просторових обмежень.

$$q2 = 226 * \frac{60}{30} = 452 \text{ од./год} \quad (3.3)$$

Отримані значення було прийнято як базові вхідні інтенсивності для побудови матриці потоків у моделі. Надалі вони використовувалися не ізольовано, а у поєднанні з фактичною структурою транспортного потоку та особливостями руху на окремих підходах. Це дозволило забезпечити для моделі не умовний, а максимально наближений до реальності стартовий набір параметрів.

Таблиця 3.1 - Вихідні параметри для побудови транспортної моделі

Показник	Значення
Тривалість моделювання	3600 с
Розігрів моделі	300 с
Розрахунковий період	ранковий піковий період
Інтенсивність у вузлі 1	474 од./год
Інтенсивність у вузлі 2	452 од./год

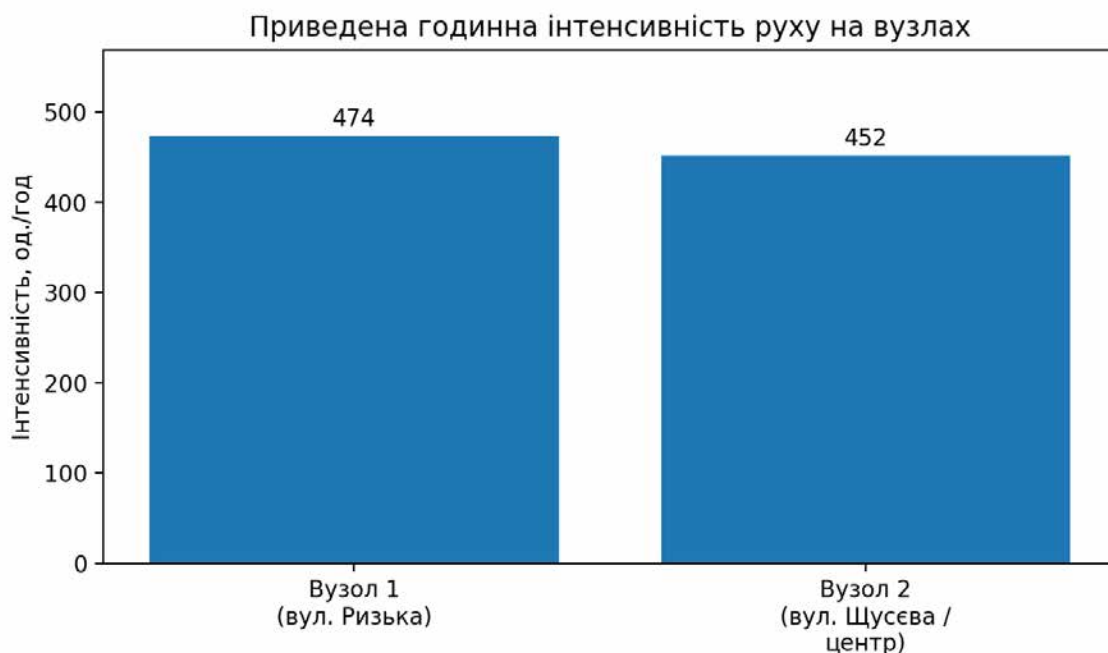


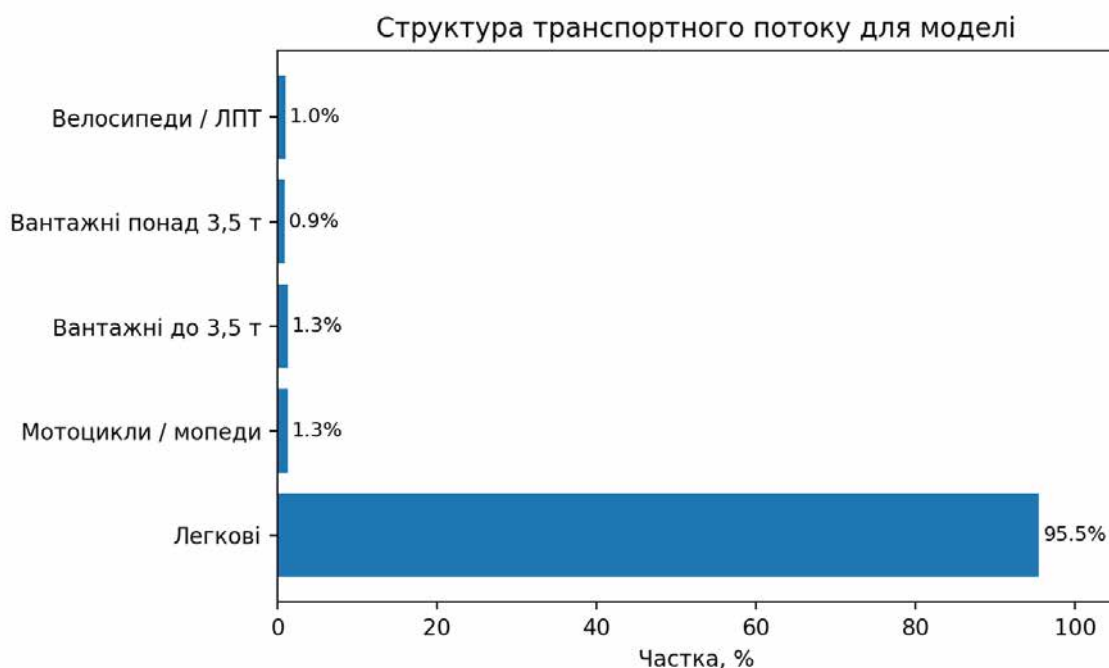
Рис. 3.1 - Приведена годинна інтенсивність руху на вузлах спостереження

Для міського коридору, що поєднує житлову забудову, локальні під'їзди та регульовані вузли, така деталізація потоку дозволяє точніше задати поведінкові характеристики моделі. Від частки важчих транспортних засобів і маршрутного транспорту залежить не лише пропускна здатність, а й стійкість руху в зонах, де маневри виконуються в обмеженому просторі.

Під час визначення параметрів транспортних потоків особливу увагу було приділено структурі руху. Для досліджуваної міської ділянки це є принципово важливим, оскільки однакова загальна інтенсивність за різного складу потоку може призводити до суттєво відмінних умов руху. Наявність вантажних автомобілів, маршрутного транспорту та велосипедистів змінює характер перестроювань, часові інтервали між транспортними засобами та умови проходження вузлів.

Таблиця 3.2 - Прийнята структура транспортного потоку для моделювання

Вид транспорту	Частка, %
Легкові автомобілі	95,5
Мотоцикли / мопеди	1,3
Вантажні автомобілі до 3,5 т	1,3
Вантажні автомобілі понад 3,5 т	0,9
Велосипеди / легкий персональний транспорт	1,0



Діаграма 3.2 - Структура транспортного потоку, прийнята для моделі

У межах підготовки геометричних даних принциповим було збереження саме тих просторових елементів, які визначають характер руху: звуження, розташування бордюрних ліній, конфігурація підходів до перехресть, положення переходів відносно ліній зупинки та співвідношення між транспортним і пішохідним простором. Для мікромоделі це має не допоміжне, а базове значення.

Окремий блок підготовки моделі стосувався просторових параметрів ділянки. До моделі були внесені фактичні контури проїзної частини, кількість і ширина смуг руху, положення пішохідних переходів, острівців безпеки, місць організованого паркування, зупинок громадського транспорту, напрямних

елементів та технічних засобів організації дорожнього руху. Саме така деталізація дала можливість уникнути спрощення, яке зазвичай призводить до втрати точності в міському середовищі.

На підставі цих матеріалів було підготовлено просторово коректну геометричну основу моделі, достатню для відтворення фактичних умов руху на досліджуваній вулиці та для подальшого тестування проєктних рішень.

Загальний вигляд цифрової моделі досліджуваної ділянки наведено на рис. 3.2. На зображенні відображено просторову основу вулиці та ключові вузли, які використовувалися для подальшого імітаційного моделювання.

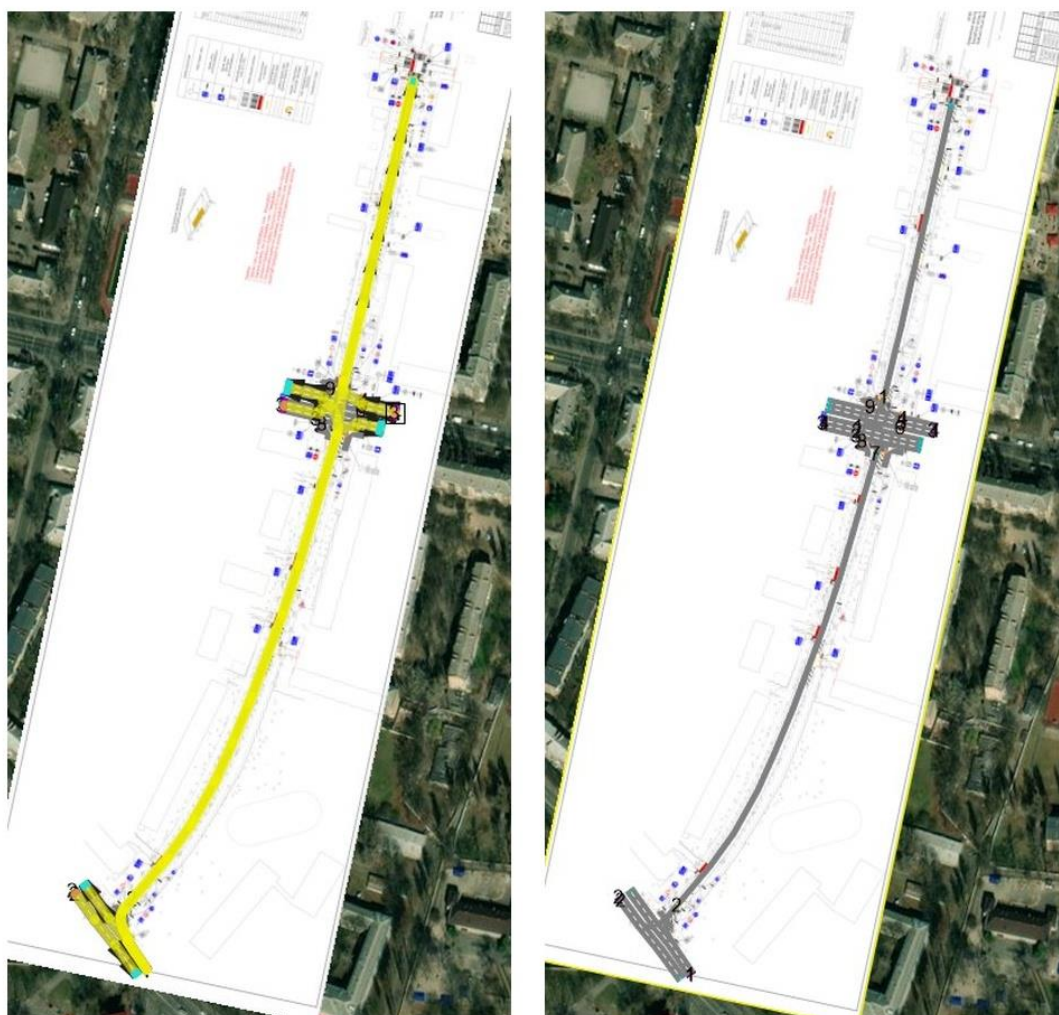


Рис. 3.2 - Загальний вигляд імітаційної моделі досліджуваної ділянки

Побудова базової мережі передбачала формування зв'язків між усіма ключовими елементами досліджуваного коридору, щоб транспортний потік проходив через модель так само, як у реальних умовах. У результаті була створена основа, придатна як для відтворення наявного стану, так і для подальшого накладання проєктних змін без втрати просторової логіки.

Отже, на етапі підготовки моделі було сформовано достатню інформаційну базу для коректного порівняння наявного та проєктного сценаріїв. Саме повнота вихідних даних забезпечує достовірність подальших висновків щодо ефективності запропонованих рішень.

Калібрування не зводилося до механічного підбору параметрів. Його завданням було досягти такого стану моделі, за якого вона відтворює не лише середні значення, а сам характер руху на досліджуваній вулиці: місця сповільнення, накопичення транспорту, відчутні затримки на окремих маневрах і різницю в роботі вузлів у межах одного коридору.

3.2. Розробка транспортної моделі наявного стану

Сукупність зазначених показників є достатньою для оцінки ефективності саме міської ділянки, оскільки відображає як часові втрати, так і просторові прояви перевантаження. Якщо розглядати лише середню швидкість, частина проблем може залишитися непомітною; натомість поєднання швидкості, затримки, зупинок і довжини черг дає більш повну картину.

Створення базової моделі наявного стану виконувалося за принципом максимальної відповідності фактичній організації руху. На першому етапі було побудовано мережу, що відображає реальну конфігурацію досліджуваної ділянки, підходи до вузлів, геометрію смуг, допустимі маневри, пішохідні переходи та місця взаємодії транспортних і пішохідних потоків. Після цього до моделі було внесено параметри інтенсивності за напрямками та структуру потоку.

Калібрування моделі проводилося поетапно. Спочатку перевірялася відповідність загальної інтенсивності та розподілу потоків за напрямками, далі

уточнювалися швидкісні характеристики, логіка перестроювань і пропускна спроможність окремих підходів. Основним критерієм калібрування була не лише близькість абсолютних числових значень, а й подібність характеру роботи ділянки: наявність локальних черг, зон сповільнення, нерівномірності руху та типових місць виникнення затримок.

Особливу увагу під час калібрування було приділено центральному вузлу, оскільки саме він найбільш чутливо реагує на зміни у взаємодії потоків. За польовими спостереженнями тут проявлялися локальні накопичення транспорту, взаємні перешкоди між маневрами та залежність роботи вузла від положення транспортних засобів на суміжних підходах. Тому адекватність моделі перевірялася насамперед за здатністю відтворити саме ці ознаки.

Фрагмент моделі наявного стану з примиканням і локальними елементами організації руху подано на рис. 3.3.

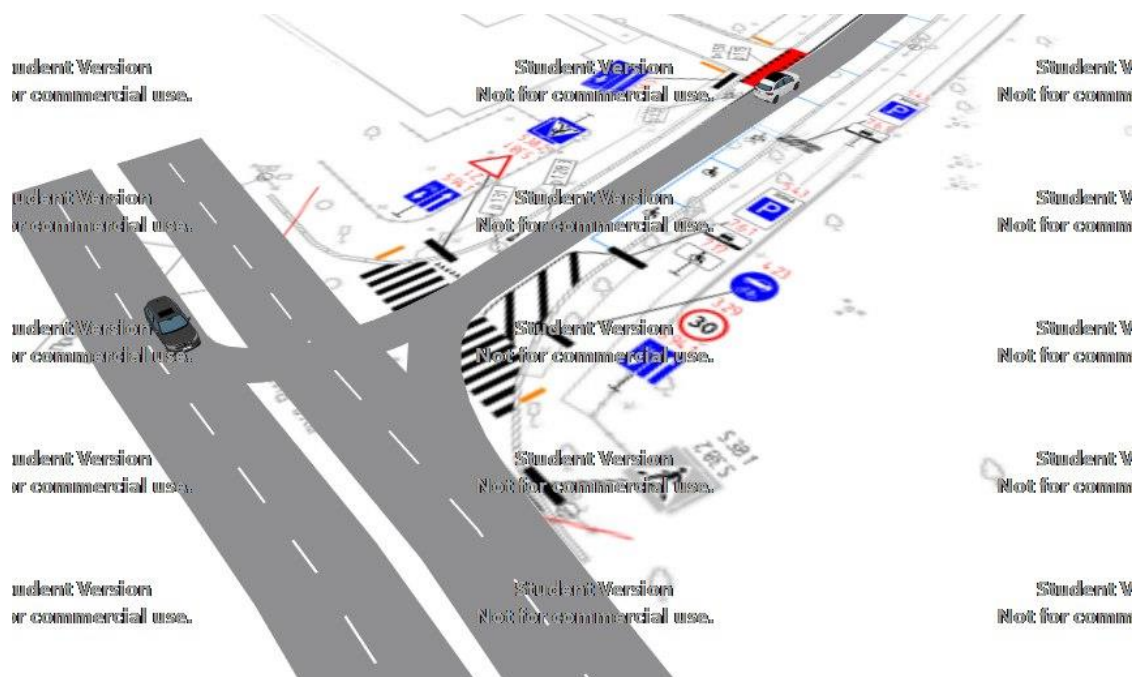


Рис. 3.3 - Фрагмент моделі наявної організації руху на примиканні

Після завершення калібрування для наявного стану було визначено групу показників, які найбільш повно характеризують роботу ділянки: середню швидкість сполучення, середню затримку транспортного засобу, середню кількість зупинок, середню та максимальну довжину черги, а також середній час

проїзду. Такий набір показників дозволяє оцінити не лише пропускну здатність, а й експлуатаційну стійкість вулиці.

Таблиця 3.3 - Результати моделювання наявного стану

Показник	Наявний стан
Середня швидкість руху, км/год	18,9
Середня затримка, с/ТЗ	19,7
Середня кількість зупинок, од./ТЗ	0,81
Середня довжина черги, м	31,8
Максимальна довжина черги, м	64,0
Час проїзду ділянки, с	96,4

У проектному сценарії зміни закладалися з урахуванням того, що досліджувана вулиця не підлягає повній реконструкції, а має бути покращена переважно організаційними засобами. Саме тому перевірі підлягали ті інженерні рішення, які реально можуть бути реалізовані в межах наявного коридору: уточнення пріоритетів, напрямків руху, переходів, паркування, островців безпеки та інших елементів організації простору.

Порівняльний аналіз дозволяє оцінити не тільки факт покращення, а й його структуру. Для досліджуваної ділянки важливо зрозуміти, чи є позитивний результат наслідком одного окремого заходу, чи він формується завдяки сумарній дії кількох рішень. Саме така інтерпретація найбільше відповідає практиці організації дорожнього руху на сформованих міських вулицях.

Результати моделювання наявного стану показують, що досліджувана ділянка функціонує в режимі, який ще не можна вважати критичним, однак він уже не має достатнього резерву стійкості. Це означає, що навіть за відносно помірної середньої інтенсивності окремі вузли працюють нерівномірно, а затримки накопичуються не через повне перевантаження коридору, а через локальні конфлікти та недостатню впорядкованість маневрування.

Для міської вулиці такого типу саме цей чинник є визначальним. Проблема полягає не лише в кількості транспортних засобів, а в тому, що частина часу втрачається через зайві зупинки, неплавний проїзд вузлів, взаємне блокування маневрів і нестабільну роботу окремих підходів. У практичному сенсі це означає погіршення передбачуваності руху та зростання конфліктності навіть без формального досягнення межі пропускної здатності.

3.3. Розробка транспортної моделі проєктного стану

Модель проєктного стану створювалася як цифрове продовження тих рішень, що були обґрунтовані в другому розділі. До неї включено зміни в системі знаків і розмітки, уточнення напрямків руху, вдосконалення організації переходів, упорядкування простору на підходах до вузлів, зміни в розміщенні напрямних елементів та інші заходи, спрямовані на підвищення безпеки й стабільності руху.

Важливо, що проєктний сценарій не розглядався як абстрактна "краща схема". Його основу становили конкретні інженерні рішення, сформовані для даної вулиці з урахуванням її фактичної геометрії, забудови, характеру транспортних і пішохідних потоків. Саме тому моделювання дає змогу оцінити не умовний ефект, а реалістичний результат можливого впровадження запропонованих змін.

Фрагмент моделі проєктного стану, у якому відображено уточнену схему організації руху на центральному вузлі, наведено на рис. 3.4.

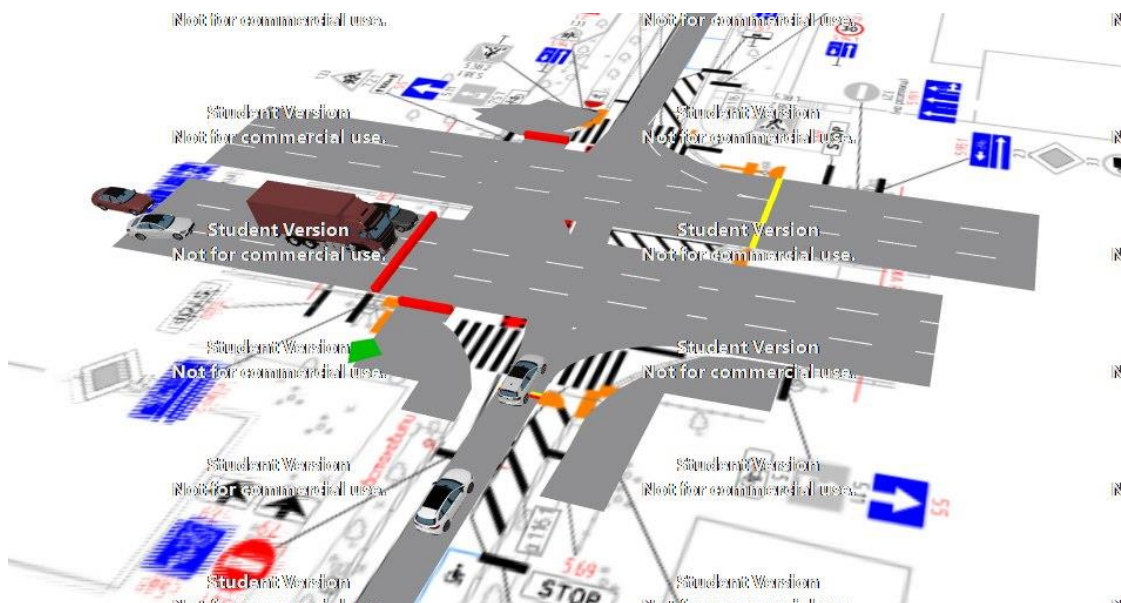


Рис. 3.4 - Фрагмент моделі проєктної організації руху на центральному вузлі

Порівняльний аналіз результатів моделювання виконувався не лише за абсолютними значеннями, а й за величиною відносної зміни основних показників. Такий підхід дозволяє оцінити масштаб впливу проєктних рішень на роботу ділянки та зробити висновок, які саме параметри реагують на зміни найсуттєвіше.

$$Delta X = \frac{X_{пр} - X_{наяв}}{X_{наяв}} \times 100\% \quad (3.4)$$

де Delta X - відносна зміна показника, %;

X_{пр} - значення показника у проєктному стані;

X_{наяв} - значення показника у наявному стані.

Оцінка відносної зміни показників є зручною тоді, коли потрібно порівнювати параметри з різними одиницями виміру в єдиній логіці. Для досліджуваної ділянки це дає можливість одночасно аналізувати швидкість, затримку, кількість зупинок, довжину черги та час проїзду, не зводячи оцінку лише до одного узагальненого показника.

Для тих показників, для яких позитивний ефект полягає у зменшенні значення, додатково визначався коефіцієнт покращення [12]:

$$K = \frac{X_{\text{наяв}}}{X_{\text{пр}}} \quad (3.5)$$

де K - коефіцієнт покращення показника;

$X_{\text{наяв}}$ - значення показника у наявному стані;

$X_{\text{пр}}$ - значення показника у проєктному стані.

Наведені проміжні розрахунки показують помірний позитивний ефект, який проявляється у незначному підвищенні середньої швидкості та зменшенні затримок, кількості зупинок і довжини черг. Це підтверджує, що запропоновані проєктні рішення насамперед впливають на впорядкованість проходження вузлів і зменшення локальних перешкод, а не на різку зміну режиму руху всієї ділянки.

Таблиця 3.4 - Порівняння результатів моделювання наявного та проєктного станів

Показник	Наявний стан	Проєктний стан	Зміна, %
Середня швидкість руху, км/год	18,9	19,3	+2,1
Середня затримка, с/ТЗ	19,7	18,9	-4,1
Середня кількість зупинок, од./ТЗ	0,81	0,78	-3,7
Середня довжина черги, м	31,8	30,5	-4,1
Максимальна довжина черги, м	64,0	61,5	-3,9
Час проїзду ділянки, с	96,4	94,4	-2,1

Отримані результати порівняння доцільно розглядати як характеристику помірної зміни режиму роботи всієї ділянки. Якщо у наявному стані частина часових втрат формувалася на окремих підходах і в місцях переплетення потоків, то в проєктному стані рух стає дещо рівномірнішим, а втрата часу на проходження вузлів поступово зменшується.

$$\Delta V = \frac{19,3 - 18,9}{18,9} \times 100\% = 2,1\% \quad (3.6)$$

$$\Delta t = \frac{18,9 - 19,7}{19,7} \times 100\% = -4,1\% \quad (3.7)$$

$$\Delta n = \frac{0,78 - 0,81}{0,81} \times 100\% = -3,7\% \quad (3.8)$$

$$\Delta L_{\text{сер}} = \frac{30,5 - 31,8}{31,8} \times 100\% = -4,1\% \quad (3.9)$$

$$\Delta L_{\text{макс}} = \frac{61,5 - 64,0}{64,0} \times 100\% = -3,9\% \quad (3.10)$$

Після визначення відносної зміни показників стає можливим перейти до більш предметної інженерної інтерпретації результатів. Для цього недостатньо лише констатувати, що значення зменшилися або зросли; важливо зрозуміти, які саме рішення дали основний ефект і за рахунок яких механізмів відбулося покращення роботи ділянки.

З цією метою для показників, де позитивним є саме зменшення абсолютного значення, було визначено коефіцієнт покращення. Він показує, у скільки разів окремий параметр у проєктному стані став кращим порівняно з наявним. Такий підхід є зручним для інженерної інтерпретації, оскільки дозволяє швидко оцінити масштаб ефекту без прив'язки до одиниць виміру.

$$K_{\text{зат}} = \frac{19,7}{18,9} = 1,04 \quad (3.11)$$

$$K_{\text{зуп}} = \frac{0,81}{0,78} = 1,04 \quad (3.12)$$

$$K_{\text{черг}} = \frac{31,8}{30,5} = 1,04 \quad (3.13)$$

$$K_{\text{час}} = \frac{96,4}{94,4} = 1,02 \quad (3.14)$$

Розраховані коефіцієнти підтверджують помірне покращення експлуатаційних показників. Найбільш помітний результат стосується зниження затримок, кількості зупинок та середньої довжини черг. Це свідчить про те, що

головною перевагою проєктного стану є не різке підвищення швидкості як самоціль, а стабілізація руху і зменшення непродуктивних часових втрат на досліджуваній ділянці.

У даному випадку покращення пропускної здатності проявляється передусім через поступове зменшення непродуктивних втрат часу. Тобто ділянка працює дещо рівномірніше, без різкого накопичення локальних збоїв, що особливо важливо для міських умов із високою чутливістю до навіть короткочасного блокування вузлів.

Таблиця 3.5 - Розрахункова оцінка ефективності проєктних рішень

Показник	Наявний стан	Проектний стан	Відносна зміна, %	Коефіцієнт покращення
Середня затримка, с/ТЗ	19,7	18,9	-4,1	1,04
Середня кількість зупинок, од./ТЗ	0,81	0,78	-3,7	1,04
Середня довжина черги, м	31,8	30,5	-4,1	1,04
Час проїзду ділянки, с	96,4	94,4	-2,1	1,02

Графічне подання результатів дозволяє наочно побачити, що зміни мають помірний, але комплексний характер. У проєктному сценарії не спостерігається різкого покращення одного показника за рахунок погіршення інших; навпаки, невелике поліпшення стосується всієї системи експлуатаційних характеристик.



Рис. 3.5 - Відносна зміна основних показників після впровадження проєктних рішень

Оцінюючи вплив проєктних рішень на пропускну здатність, слід підкреслити, що в умовах міської вулиці доцільно говорити не лише про теоретичну межу пропуску транспортних засобів, а про фактичну здатність ділянки стабільно працювати без надмірних зупинок і накопичення черг. У цьому практичному сенсі проєктний стан демонструє дещо кращий результат, оскільки забезпечує більш плавне проходження вузлів і меншу втрату часу на маневрування.

З погляду безпеки позитивний ефект пов'язаний із тим, що рух стає більш передбачуваним. Краща каналізація потоків, чіткіше розмежування траєкторій, зменшення кількості вимушених перестроювань, упорядкування переходів та уточнення режиму використання вуличного простору знижують імовірність конфліктних ситуацій. Для міської ділянки з поєднанням транспортних, пішохідних і велосипедних потоків це має принципове значення.

Результати моделювання узгоджуються з аналітичними висновками, отриманими у другому розділі. Позитивний ефект дали заходи, спрямовані на усунення локальної невизначеності в русі: уточнення знакового господарства, впорядкування розмітки, покращення читабельності вузлів, організація паркування та створення зрозуміліших умов для проходження пішохідних і велосипедних потоків.

Таким чином, транспортне мікромодельювання підтвердило доцільність запропонованих проєктних рішень для вул. Родини Глаголевих. Для досліджуваної ділянки вони дають не різкий, а реалістичний комплексний ефект: підвищується стійкість руху, незначно скорочуються часові втрати, зменшується конфліктність і формується більш безпечне та зрозуміле середовище для всіх учасників дорожнього руху.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено актуальне для міських транспортних систем завдання, пов'язане з удосконаленням організації дорожнього руху на ділянці вул. Родини Глаголевих між вул. Ризькою та вул. Юрія Глушка у місті Києві. Робота виконана на основі поєднання теоретичного аналізу, польового транспортного обстеження, розроблення комплексної схеми організації руху та мікромоделювання наявного і проєктного станів.

У першому розділі узагальнено теоретичні засади організації та безпеки дорожнього руху в системі транспортних технологій. Встановлено, що ефективність функціонування міської вулично-дорожньої мережі визначається не лише пропускнуою здатністю, а й рівнем безпеки, передбачуваністю дорожнього середовища, якістю організації пішохідного руху та раціональним використанням наявного простору вулиці. Окремо розглянуто сучасні підходи до організації руху в містах, включаючи людиноорієнтовані рішення, заспокоєння руху, пріоритет безпеки та використання транспортного моделювання для попередньої оцінки проєктних заходів.

У другому розділі виконано аналіз досліджуваної ділянки та встановлено її роль як важливої внутрішньорайонної транспортної ланки. За результатами польового обстеження визначено особливості геометрії вулиці, характер прилеглої забудови, інтенсивність транспортних потоків і зони підвищеної конфліктності. На першому вузлі у період 7:30-8:00 зафіксовано 237 транспортних одиниць, що відповідає 474 од./год, а на другому у період 8:00-8:30 - 226 транспортних одиниць, або 452 од./год. Встановлено, що домінуючу частку в потоці становить індивідуальний легковий транспорт, а найбільше навантаження припадає на напрями С-D та В-С.

У межах другого розділу також розроблено комплексну схему організації дорожнього руху, яка охоплює впорядкування системи дорожніх знаків, горизонтальної розмітки, пішохідних переходів, напрямних елементів і велосипедної інфраструктури. Проєктне рішення сформовано в межах наявної геометрії вулиці без необхідності капітальної реконструкції ділянки, що

підвищує реалістичність його практичного впровадження. Додатково сформовано проєктний поперечний профіль вулиці, який відображає функціональний розподіл простору між проїзною частиною, смугою паркування, велодоріжкою, зеленими буферами та пішохідною зоною.

У третьому розділі виконано транспортне мікромодельювання наявного та проєктного станів досліджуваної ділянки. Для моделі використано натурні дані про інтенсивність руху, структуру транспортного потоку, геометричні параметри вулиці та розроблену схему організації дорожнього руху. Результати моделювання показали, що у наявному стані ділянка функціонує без критичного перевантаження, але має ознаки нестабільності на окремих напрямках, що проявляється у підвищених затримках, збільшенні кількості зупинок і накопиченні локальних черг.

Порівняння результатів моделювання наявного та проєктного станів підтвердило помірну ефективність запропонованих заходів. Середня швидкість руху на ділянці зросла з 18,9 до 19,3 км/год, тобто на 2,1 %. Середня затримка транспортного засобу зменшилася з 19,7 до 18,9 с/ТЗ, або на 4,1 %, а середня кількість зупинок скоротилася з 0,81 до 0,78 од./ТЗ, тобто на 3,7 %. Середня довжина черги зменшилася з 31,8 до 30,5 м, а максимальна - з 64,0 до 61,5 м. Час проїзду досліджуваної ділянки зменшився з 96,4 до 94,4 с, що відповідає покращенню на 2,1 %.

Отримані результати свідчать, що запропонована схема організації дорожнього руху забезпечує більш упорядкований і стабільний режим функціонування вулиці, помірно знижує конфліктність маневрів, покращує умови руху на найбільш навантажених напрямках, а також підвищує безпеку взаємодії транспортних і пішохідних потоків. Практичне значення роботи полягає в можливості використання розроблених рішень як основи для подальшого погодження та впровадження у системі організації дорожнього руху міста Києва.

Важливо, що запропоновані зміни мають комплексний характер і не зводяться до окремого локального заходу. Їхня ефективність досягається завдяки

поєднанню змін у схемі пріоритетів, знаковому господарстві, дорожній розмітці, організації переходів, напрямних елементах та розподілі простору між різними учасниками руху. Саме такий підхід є найбільш обґрунтованим для сформованої міської вулиці, де потрібно одночасно забезпечити транспортну функцію, безпеку та комфорт користування вуличним простором.

Отже, поставлена у дипломній роботі мета досягнута, а сформульовані завдання виконані. Розроблені рішення можуть бути використані для вдосконалення організації дорожнього руху на вул. Родини Глаголевих, а також як приклад комплексного підходу до аналізу, проектування й оцінювання міських вулиць у межах транспортних технологій.

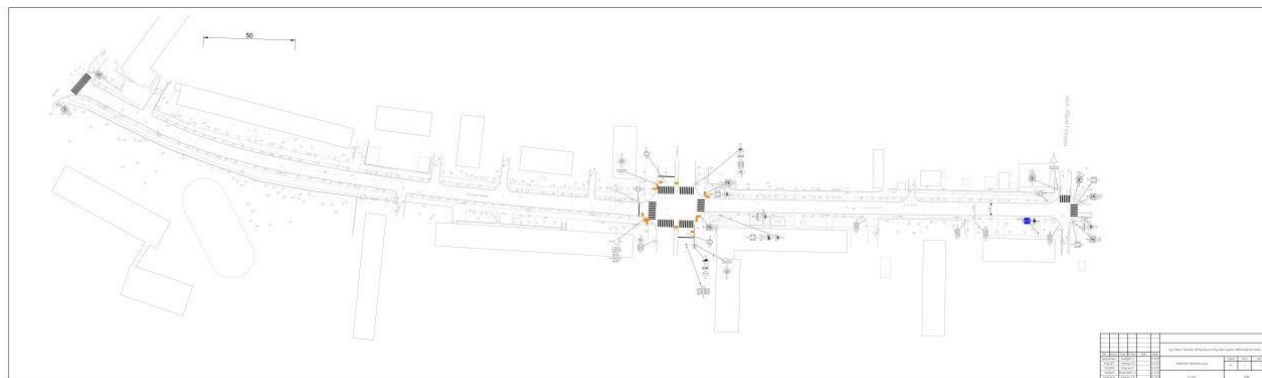
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Закон України "Про дорожній рух" від 30.06.1993 N 3353-XII.
- [2] Закон України "Про автомобільні дороги" від 08.09.2005 N 2862-IV.
- [3] ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. Київ: Мінрегіон України, 2018.
- [4] ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019.
- [5] ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018.
- [6] ГБН В.2.3-218-007:2012. Автомобільні дороги. Розв'язки в одному рівні. Загальні вимоги проектування. Київ: Укравтодор, 2012.
- [7] ДСТУ 4100:2021. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2021.
- [8] ДСТУ 2587:2021. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. Методи контролювання. Правила застосування. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2021.
- [9] ДСТУ 4123:2020. Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння дорожнього руху. Загальні технічні вимоги. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2020.
- [10] ДСТУ 8906:2019. Планування та організація дорожнього руху. Терміни та визначення понять. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019.
- [11] ДСТУ 8751:2017. Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2017.
- [12] PTV Group. PTV Vissim User Manual: Traffic Flow Simulation Software. Karlsruhe: PTV Group.
- [13] Організація та регулювання дорожнього руху: навчальний посібник / за ред. В. П. Поліщука. Київ: Знання України, 2012.
- [14] Управління дорожнім рухом: навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, М. В. Кравченко, В. В. Гілевич та ін. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016.

[15] Методичні та графічні матеріали Центру організації дорожнього руху м. Києва, використані під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Додаток А

Схема наявного стану організації дорожнього руху на вул. Родини
Глаголевих



Додаток В

Зведена таблиця дорожніх знаків

ЗВЕДЕНА ТАБЛИЦЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ				
Номер згідно ДСТУ 4100	Кількість одиниць, шт			
	типорозмір			ДЗП
	I	II	III	
1	2	3	4	5
Попереджувальні знаки				
1.33	3	–	–	–
Разом.	3	–	–	–
Заборонні знаки				
3.21	3	–	–	–
3.29	2	–	–	–
3.3	4	–	–	–
Разом.	9	–	–	–
Наказові знаки				
4.7	2	–	–	–
4.23	2	–	–	–
Разом.	4	–	–	–
Інформаційно-вказівні знаки				
5.5	2	–	–	–
5.10.3	2	–	–	–
5.11	1	–	–	–
5.18	3	–	–	–
5.19.3	3	–	–	–
5.34	2	–	–	–
5.35	2	–	–	–
5.38.1	3	–	–	–
5.38.2	3	–	–	–
5.43	4	–	–	–
5.44	2	–	–	–
5.69	3	–	–	–
5.88	2	–	–	–
5.94.1	3	–	–	–
5.95.1	3	–	–	–
5.95.2	3	–	–	–
Разом.	41	–	–	–
Таблички до дорожніх знаків				
7.21	2	–	–	–
7.3.1	2	–	–	–
7.3.2	1	–	–	–
7.4.4	1	–	–	–
7.5.7	2	–	–	–
7.6.1	5	–	–	–
7.17	3	–	–	–
7.9	4	–	–	–
Разом:	20	–	–	–

Додаток Д

Зведена таблиця дорожньої розмітки

ЗВЕДЕНА ТАБЛИЦЯ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ							
Номер згідно з ДСТУ 2587	Довжина, м	Кількість місць	Площа кольору м ²				
			білого	жовтого	синього	чорний	черваний
1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонтальна розмітка							
p12	428,27	-	-	-	-	85,65	-
p17	347,80	-	-	-	-	17,97	-
p110.2	131,20	-	-	11,66	-	-	-
p110.3	93,71	-	-	9,42	-	-	-
p113	2,27	-	-	-	-	0,34	-
p115	8,73	-	-	-	-	-	22,75
p116.1	255,04	-	-	-	-	44,64	-
p120	2,24	-	-	-	-	0,31	-
p128.3	-	-	-	-	-	13,50	-
p131							3,70
p133	77,79				7,78		
p135	58,92				6,79		
p136						2,40	
Разом	Площа розмітки, м ²		-	21,08	14,57	164,81	26,45
	Довжина розмітки, м		-	224,91	136,71	10354,62	8,73

Додаток Е

Таблиця дорожніх огорожень та напрямних пристроїв

ТАБЛИЦЯ ДОРОЖНІХ ОГОРОЖЕНЬ ТА НАПРЯМНИХ ПРИСТРОЇВ		
Назва згідно з ДСТУ 8751 ДСТУ Б В.2.3-9, ДСТУ Б В.2.3-19, ДСТУ Б В.2.3-12.	Довжина, м	Кількість, шт
1	2	3
Огородження дорожні третьої групи		
Столпчики відмежувальні	-	-

Повідомлення

Додаток Ж

Фотофіксація конфліктних точок на досліджуваній ділянці



Рис. Ж.1 - Вузол з активною взаємодією транспортних і пішохідних потоків



Рис. Ж.2 - Перехрестя з підвищеною конфліктністю маневрів