

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Дослідження руху транспортних засобів та людей у зоні зупинки  
маршрутного транспорту

Виконав: студентка 4 курсу, групи 4 з ТТ  
Спеціальності 275 – Транспортні технології  
Спеціалізації 275.03 – На автомобільному  
транспорті

\_\_\_\_\_ Анастасія ФІШЕР

Керівник \_\_\_\_\_ В'ячеслав СЛАВИЧ

Рецензент \_\_\_\_\_ Ольга ВОЙТОВИЧ

Херсон - 2026 рік

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Інженерії та транспорту  
Кафедра, циклова комісія Транспортних систем і технічного сервісу  
Рівня вищої освіти бакалавр.  
Спеціальність 275 Транспортні технології  
Спеціалізація 275.03 На автомобільному транспорті  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТСТС  
к.т.н., доц.  П.В.Луб'яний  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**  
**СТУДЕНТЦІ**

Фішер Анастасії Олександрівні

1. Тема проекту (роботи) Дослідження руху транспортних засобів та людей у зоні зупинки маршрутного транспорту

керівник проекту (роботи. к.т.н., доцент Славич В.П.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26.18.2026 року № 123-с

2. Строк подання студенткою проекту (роботи) 08.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Інтенсивності руху транспорту і пішоходів у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1 Експериментальні дослідження закономірностей руху транспортних засобів та людей у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту. 2. Удосконалення інженерно-планувальних рішень міських зупинок маршрутного транспорту Висновки, Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) матеріали демонстраційної графічної частини формату А4

## Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                                                                         | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Вступ                                                                                                                            | 26.05.2026                              |          |
| 2     | Експериментальні дослідження закономірностей руху транспортних засобів та людей у зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту | 02.06.2026                              |          |
| 3     | Удосконалення інженерно-планувальних рішень міських зупинок маршрутного транспорту                                               | 07.06.2026                              |          |
| 4     | Висновки                                                                                                                         | 08.06.2026                              |          |

Студентка \_\_\_\_\_ Анастасія ФІШЕР

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ В'ячеслав СЛАВИЧ  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з: 47 стор., 13 табл., 10 рис., 11 джерел

Робота спрямована на підвищення пропускнуєї спроможності зупинок маршрутного транспорту (ЗМТ) та покращення умов руху транспортного потоку на магістральних вулицях міст України шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації ЗМТ.

В основу роботи покладені теоретичні дослідження, які дозволяють розв'язати задачі підвищеного завантаження зупинок маршрутного транспорту та маршрутної мережі, що пов'язані з інтенсивними транспортними потоками в зоні впливу зупинки. Робота базується на експериментально-теоретичному дослідженні інтенсивності руху транспорту і пішоходів у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту.

У роботі розглянуті: класифікація та особливості розміщення зупинок маршрутного транспорту, залежно від їх функціональних особливостей та характеристик маршрутних транспортних засобів, типи зупинок маршрутного транспорту, на форми яких впливають геометричні характеристики наявних вулиць та величина інтенсивності транспортного потоку й пасажиропотоку.

Проведено аналіз факторів, які впливають на інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту. Це дозволило встановити значний вплив цілого ряду взаємопов'язаних факторів на функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста, що поділяються на постійні, змінні та організаційні.

Ключовими є постійні фактори, які базуються на геометричних характеристиках самої вулично-дорожньої мережі та окремих її елементів. До постійних факторів належать: архітектурно-планувальна структура міста, щільність ВДМ, загальна довжина ВДМ, кількість та види перехресть та примикань, ступінь непрямолінійності ВДМ, зв'язність ВДМ, маршрутна мережа громадського пасажирського транспорту, розміщення майданчиків для паркування автомобілів на ВДМ та планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....                                                                                                                   | 4 |
| ВСТУП .....                                                                                                                                       | 5 |
| РОЗДІЛ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ<br>ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ЛЮДЕЙ У ЗОНІ<br>РОЗМІЩЕННЯ ЗУПИНКИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ  |   |
| 1.1 Дослідження впливу транспортного потоку на пропускну<br>спроможність зупинки маршрутного транспорту .....                                     |   |
| 1.2. Дослідження витрат часу пасажирським транспортом спричинених<br>взаємними перешкодами між ними на міських<br>зупинках маршрутного транспорту |   |
| 1.3. Затрати часу на вхід, вихід пасажирів та їх очікування маршрутним<br>транспортом                                                             |   |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                                                                       |   |
| РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ<br>РІШЕНЬ МІСЬКИХ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ                                                    |   |
| 2.1 Визначення розрахункових параметрів довжини зупинкового<br>майданчика.....                                                                    |   |
| 2.2 Визначення місця розміщення павільйону зупинки маршрутного<br>пасажирського транспорту .....                                                  |   |
| 2.3 Рекомендації з проєктування зупинок маршрутного транспорту на<br>міських вулицях.....                                                         |   |
| 2.4 Оцінка ефективності інженерно-планувальної організації міських<br>зупинок маршрутного транспорту.....                                         |   |
| Висновки до розділу 2 .....                                                                                                                       |   |
| ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ .....                                                                                                                          |   |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                   |   |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ВДМ - вулично-дорожня мережа;
- ГМТ - громадський маршрутний транспорт;
- ГПТ - громадський пасажирський транспорт;
- ДТП - дорожньо-транспортна пригода;
- ЗМТ - зупинка маршрутного транспорту;
- ІПР - інженерно-планувальні рішення;
- МПТ - маршрутний пасажирський транспорт;
- МТЗ - маршрутний транспортний засіб;
- ПДР - правила дорожнього руху;
- ПТЗ - пасажирський транспортний засіб;
- РПТЗ - розрахунковий пасажирський транспортний засіб;
- ТЗ - транспортний засіб;
- ТП - транспортний потік;
- ТПВ - транспортно-пересадочний вузол.

## ВСТУП

### Обґрунтування актуальності теми дослідження

Функціонування транспортної системи сучасного міста характеризується складною взаємодією різних видів транспортних засобів, серед яких легкові автомобілі, громадський пасажирський транспорт та вантажний автотранспорт. Зростання інтенсивності дорожнього руху на міських магістралях призводить до виникнення транспортних затримок, що негативно впливають на ефективність транспортного обслуговування населення та загальний рівень мобільності міського середовища.

Погіршення умов руху на вулично-дорожній мережі супроводжується збільшенням тривалості поїздок, зростанням експлуатаційних витрат транспортних засобів, підвищенням споживання паливно-енергетичних ресурсів, прискореним зношенням транспортної інфраструктури та рухомого складу. Крім того, перевантаження транспортної мережі спричиняє значне екологічне навантаження внаслідок збільшення обсягів викидів забруднювальних речовин і рівня шумового впливу на міське середовище.

Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігається стале зростання рівня автомобілізації населення, що супроводжується істотним збільшенням кількості індивідуального автомобільного транспорту на вулицях міст. Наслідком цього стало зниження швидкості сполучення громадського транспорту, особливо на магістральних вулицях великих і найбільших міст. В окремих випадках перевищення пропускної спроможності елементів вулично-дорожньої мережі призводить до виникнення критичних транспортних заторів та суттєвого погіршення умов руху всіх учасників дорожнього процесу.

Особливо гостро зазначена проблема проявляється в зонах розташування зупинок маршрутного транспорту та на прилеглих до них ділянках вулично-дорожньої мережі. Саме в цих місцях відбувається найбільш інтенсивна

взаємодія транспортних і пішохідних потоків, що створює додаткові перешкоди для руху транспортних засобів та негативно впливає на рівень безпеки дорожнього руху. Процеси під'їзду маршрутних транспортних засобів до зупинки, посадки та висадки пасажирів, а також подальшого виїзду в транспортний потік безпосередньо впливають на пропускну спроможність проїзної частини, рівень транспортних затримок і комфорт пересування пасажирів та пішоходів.

Високий рівень завантаження міських магістралей обумовлює виникнення конфліктних ситуацій між громадським транспортом, індивідуальним автомобільним транспортом і пішоходами. Такі конфлікти супроводжуються підвищенням аварійності, збільшенням економічних втрат та погіршенням умов функціонування транспортної системи міста. Вирішення зазначених проблем потребує комплексного підходу, який передбачає вдосконалення інженерно-планувальних, організаційних та управлінських рішень щодо функціонування транспортної інфраструктури.

Проблемам підвищення пропускнуої спроможності міських вулиць і доріг присвячено значну кількість наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних учених. У роботах дослідників розглядаються питання організації дорожнього руху, управління транспортними потоками, удосконалення транспортної інфраструктури та забезпечення ефективної роботи громадського транспорту.

Водночас аналіз наукових джерел свідчить про недостатній рівень дослідження питань, пов'язаних із впливом інженерно-планувальних характеристик зупинок маршрутного транспорту на показники функціонування транспортних потоків. Наявні наукові праці переважно присвячені визначенню раціонального розташування зупинок відносно перехресть та оцінці їх пропускнуої спроможності. Проте питання оптимізації планувальних рішень у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту в сучасних умовах



функціонування міських транспортних систем залишаються недостатньо опрацьованими.

У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є вдосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту з метою підвищення пропускної спроможності магістральних вулиць, скорочення транспортних затримок, покращення умов руху пішоходів і транспортних засобів, а також підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи загалом.

Інженерно-планувальні характеристики зупинок маршрутного транспорту є одним із важливих факторів, що визначають якість транспортного обслуговування населення та ефективність використання вулично-дорожньої мережі міста.

#### Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розроблення науково обґрунтованих підходів до вдосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту шляхом оптимізації їх геометричних параметрів для підвищення ефективності функціонування транспортних потоків, забезпечення безпеки дорожнього руху та покращення умов обслуговування пасажирів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан організації зупинок маршрутного транспорту та встановити закономірності їх впливу на параметри транспортних і пішохідних потоків;
- визначити основні фактори, що впливають на пропускну спроможність магістральних вулиць у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту;
- здійснити узагальнення та систематизацію результатів наукових досліджень у сфері інженерно-планувальної організації зупинок громадського транспорту;

- провести комплекс експериментальних досліджень для визначення часових витрат транспортних засобів і пасажирів у зоні функціонування зупинок маршрутного транспорту;
- встановити закономірності взаємодії громадського транспорту з транспортними та пішохідними потоками;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту з метою підвищення ефективності використання міської вулично-дорожньої мережі.

## РОЗДІЛ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ПІШОХОДІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

Для вирішення сучасних науково-практичних завдань щодо підвищення пропускної спроможності міської магістральної вулично-дорожньої мережі (ВДМ) необхідним є мінімізація часових витрат маршрутного пасажирського транспорту (МПТ), зокрема на етапі обслуговування пасажиропотоків на зупинкових пунктах.

На сучасних маршрутах міського пасажирського транспорту експлуатується різномірний рухомий склад із відмінними експлуатаційно-технічними характеристиками. Транспортні засоби (ТЗ) мають суттєві розбіжності за такими параметрами: габаритна довжина, пасажиромісткість, кількість дверей для посадки-висадки, а також висота підлоги (рівень заходу пасажирів). Зазначені фактори чинять безпосередній вплив на тривалість затримок ТЗ та пасажирів у процесі обміну пасажиропотоку на зупинкових пунктах.

На основі результатів теоретичного аналізу встановлено необхідність проведення емпіричних досліджень для кількісної оцінки часових витрат, пов'язаних із функціонуванням зупинок маршрутного транспорту. З огляду на це, подальший науковий пошук спрямовано на встановлення закономірностей часових витрат, що зумовлені:

- особливостями та умовами розподілу ТЗ за смугами руху;
- взаємними завадами між одиницями громадського транспорту на зупинковому пункті;
- взаємними завадами у загальному транспортному потоці;
- маневрами під'їзду ТЗ до зупинки та виїзду з неї;
- процесами посадки та висадки пасажирів;

- очікуванням пасажирів транспортними засобами в зоні зупинкового пункту;
- взаємними перешкодами у взаємодії «пасажир — пішохід» на території зупинки.

Узагальнення отриманих результатів дозволить обґрунтувати оптимальні геометричні та організаційні параметри зупинкових пунктів, що сприятиме підвищенню пропускної спроможності міської ВДМ у цілому.

З метою формування репрезентативної інформаційної бази для подальшого аналізу та встановлення закономірностей функціонування зупинок МПТ, на кафедрі транспортних систем і технічного сервісу протягом 2018–2023 років було виконано натурні обстеження 221 зупинкового пункту на ВДМ. Результати цих спостережень утворили масив емпіричних даних для математично-статистичного опрацювання у межах цього дослідження.

### 1.1. Дослідження впливу транспортного потоку на пропускну спроможність зупинок маршрутного транспорту

Під час дослідження втрат часу, спричинених взаємними завадами між ТЗ, використано фундаментальні положення теорії транспортних потоків, які описують особливості руху на міській ВДМ. Зростання тривалості затримок ТЗ зумовлене виникненням заторових явищ через підвищення інтенсивності руху та невідповідність пропускної спроможності окремих елементів ВДМ наявній транспортній потребі.

Транспортні затори генерують суттєві негативні наслідки, які виражаються в економічних збитках (зниження ефективності вантажоперевезень, перевитрати часу водіями та пасажирями), перевитраті палива та додатковому екологічному навантаженні на навколишнє середовище. Основними макроскопічними характеристиками затору є часові затримки, довжина черги та щільність ТЗ у ній.

Механізми формування заторів під дією внутрішніх і зовнішніх факторів транспортного процесу детально висвітлені у працях вітчизняних та закордонних учених.

У задачах організації дорожнього руху (ОДР) ключове значення має фундаментальна діаграма транспортного потоку, що описує взаємозв'язок між інтенсивністю, швидкістю та щільністю руху. Проте ці інтегральні характеристики не повною мірою враховують комплексність процесів: неоднорідність складу потоку, технічний стан дорожнього покриття, параметри навколишнього середовища тощо. У межах цієї роботи детальний аналіз загальних причин виникнення заторів не передбачено; дослідження базується на існуючих теоретичних напрацюваннях.

Увагу зосереджено виключно на визначенні часових затримок, спричинених взаємними завадами між ТЗ безпосередньо в зоні впливу зупинкових пунктів, де функціонування міського пасажирського транспорту суттєво деформує однорідність транспортного потоку.

Зазначені часові затримки доцільно розглядати за двома підходами:

1. Затримки, пов'язані із перешкодами від загального транспортного потоку в зоні впливу зупинки. Головними факторами тут виступають: інтенсивність, щільність та склад потоку, кількість і ширина смуг руху, наявність виділених смуг для МПТ, а також метеорологічні умови.

2. Особливості просторового розподілу ТЗ за смугами руху проїзної частини в зоні розташування зупинки.

Розподіл ТЗ за смугами руху на міських магістралях є нерівномірним і динамічним. На формування структури потоку по ширині проїзної частини впливають: сумарна інтенсивність руху, склад транспортного потоку, кількість смуг у напрямку, вимоги Правил дорожнього руху, схеми організації ліво- та правоповоротних потоків на перехрестях, а також локація зупинкових пунктів.

Специфікою міських умов є наявність у складі потоку значної частки МПТ із дискретним характером руху (дистанція між зупинками становить 300–800 м) та висока щільність однорівневих перехресть із дозволеними поворотними маневрами.

Для встановлення закономірностей розподілу ТЗ за смугами руху на магістральних вулицях м. Києва проведено натурні обстеження в зонах впливу зупинкових пунктів. Основне завдання експерименту полягало у визначенні коефіцієнтів завантаження смуг залежно від загальної геометричної конфігурації проїзної частини. Завантаження кожної смуги визначали як відсоткову частку від сумарної інтенсивності руху в одному напрямку. Додатково оцінено вплив інтенсивності руху МПТ на цей розподіл.

Обстеження охоплювали магістралі з двома, трьома та чотирма смугами руху в одному напрямку за умов наявності або відсутності заїзної кишені на зупинці та кількості маршрутів більше п'яти. Спостереження проводили за умови вільного або частково зв'язаного режимів руху транспортного потоку.

## 1.2. Аналіз результатів експериментальних досліджень розподілу ТЗ за смугами руху

Результати математичного оброблення натурних спостережень дозволили виявити стійкі закономірності впливу зупинок МПТ на структуру паралельних транспортних потоків.

### **1. Магістральні вулиці з двома смугами руху в одному напрямку:**

- **За наявності заїзної кишені:** загальний розподіл становить: права (перша) смуга — 37,53%, ліва (друга) — 62,47%. Легкові автомобілі: перша смуга — 34,66%, друга — 65,34%. Вантажні автомобілі: перша смуга — 44,74%, друга — 55,26%. Рух МПТ на 100% зосереджено на першій смузі (рис. 1.1). Склад загального потоку: легкові ТЗ — 90,13%, МПТ — 3,40%, вантажні ТЗ — 6,47%.

- **За відсутності заїзної кишені:** спостерігається різка деформація потоку: перша смуга завантажена лише на 13,69%, тоді як друга — на 86,31%. Легкові ТЗ: перша смуга — 6,47%, друга — 93,53%. Вантажні ТЗ: перша смуга — 23,47%, друга — 76,53%. Рух МПТ повністю здійснюється по першій смузі (рис. 1.2). Склад потоку: легкові ТЗ — 81,19%, МПТ — 5,26%, вантажні ТЗ — 13,55%.

## 2. Магістральні вулиці з трьома смугами руху в одному напрямку:

- **За наявності заїзної кишені:** розподіл за смугами (права/середня/ліва) становить 26,61% / 36,08% / 37,31% відповідно. Легкові ТЗ: перша смуга — 22,93%, друга — 35,67%, третя — 41,40%. Вантажні ТЗ: перша — 20,21%, друга — 56,48%, третя — 23,32%. Весь рух МПТ (100%) зафіксовано на першій смузі (рис. 1.3). Склад потоку: легкові ТЗ — 84,30%, МПТ — 3,13%, вантажні ТЗ — 12,57%.

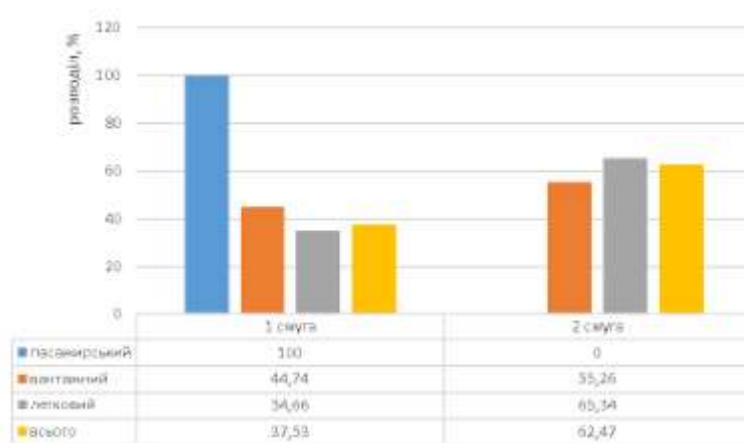


Рис.3.1. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (дві смуги) на магістральних вулицях, які мають кишеню на ЗМТ

- **За відсутності заїзної кишені:** завантаження смуг змінюється у пропорції: перша — 10,69%, друга — 41,17%, третя — 48,14%. Легкові ТЗ: перша смуга — 7,27%, друга — 41,42%, третя — 51,31%. Вантажні ТЗ: перша — 19,26%, друга — 51,64%, третя — 29,10%. Для МПТ зафіксовано випадки маневрування:

перша смуга — 96,55%, друга смуга — 3,45% (об'їзд інших ТЗ на зупинці) (рис. 1.4). Склад потоку: легкові ТЗ — 89,40%, МПТ — 2,79%, вантажні ТЗ — 7,81%.

### 3. Чотирисмугові магістралі загальноміського значення неперервного руху:

- **За наявності заїзної кишені:** розподіл загальної інтенсивності за смугами (від першої до четвертої) становить: 16,37% / 25,53% / 29,10% / 29,00%. Легкові ТЗ: перша — 11,19%, друга — 26,32%, третя — 29,68%, четверта — 32,82%. Вантажні ТЗ: перша — 15,69%, друга — 27,45%, третя — 38,56%, четверта — 18,30%. МПТ: перша смуга — 92,42%, друга — 7,58% (рис. 1.2). Склад потоку: легкові ТЗ — 76,05%, МПТ — 5,35%, вантажні ТЗ — 18,60%.

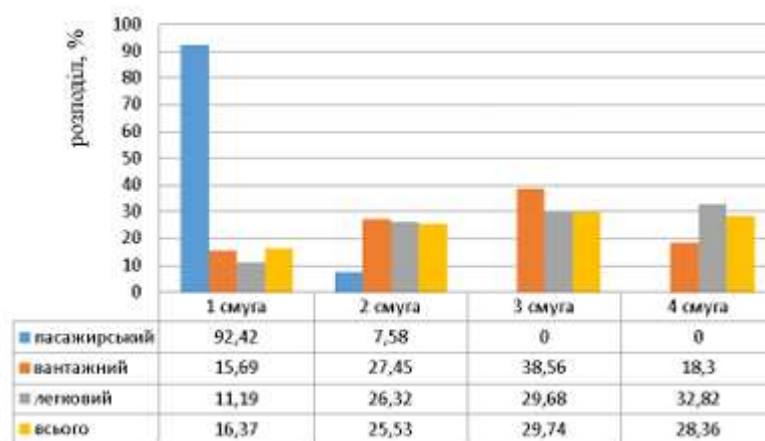


Рис. 1.2. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (чотири смуги) на магістральних вулицях, які мають влаштовану кишеню на ЗМТ

- **За відсутності заїзної кишені:** інтегральний розподіл за смугами: перша — 5,88%, друга — 29,23%, третя — 33,80%, четверта — 31,09%. Легкові ТЗ: перша — 0,75%, друга — 28,10%, третя — 33,88%, четверта — 37,27%. Вантажні ТЗ: перша — 1,96%, вторая — 32,35%, третя — 48,04%, четверта — 17,65%. МПТ: перша смуга — 71,21%, друга — 28,79% (рис. 1.3). Склад потоку: легкові ТЗ — 75,24%, МПТ — 7,46%, вантажні ТЗ — 17,30%.



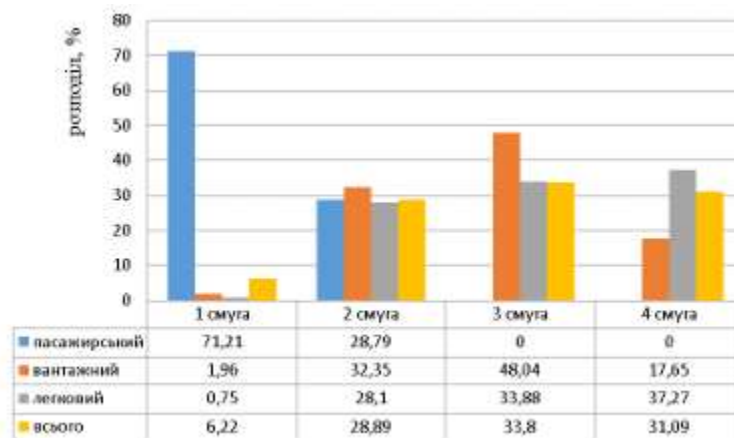


Рис. 3.6. Діаграма розподілення ТЗ по смугах руху (чотири смуги) на магістральних вулицях, які мають влаштовану кишеню на ЗМТ

Рівень завантаження смуг безпосередньо формує умови для маневрування ТЗ та визначає швидкісні характеристики потоків. Водії схильні обирати смугу з вищою динамікою руху. Отримані дані підтверджують, що присутність МПТ у крайній правій смузі суттєво знижує її привабливість для водіїв легкового транспорту через низьку експлуатаційну швидкість та циклічні зупинки автобусів і тролейбусів. Як наслідок, перша смуга залишається недовантаженою. За умови підвищення інтенсивності руху МПТ понад 6 од./год, вантажні автомобілі також інтенсивно переміщуються на суміжні (другу та третю) смуги.

### 1.3. Моделювання коефіцієнтів смуговості та оцінка доцільності проектування заїзних кишень

Для оцінки пропускної спроможності ВДМ та розроблення заходів з ОДР використано методику визначення коефіцієнтів смуговості. На основі емпіричних даних розраховано значення коефіцієнтів смуговості ( $k_c$ ) для різних геометричних умов функціонування магістралей (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Значення коефіцієнтів смуговості на магістральних вулицях за наявності зупинок МПТ**

| Кількість смуг руху | Коефіцієнт смуговості |      |      |      |      |      |
|---------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|
|                     | 1:2                   | 1:3  | 1:4  | 2:3  | 2:4  | 3:4  |
| 2 смуги з кишенею   | 1,66                  | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2 смуги без кишені  | 6,30                  | -    | -    | -    | -    | -    |
| 3 смуги з кишенею   | 1,36                  | 1,4  | -    | 1,03 | -    | -    |
| 3 смуги без кишені  | 3,85                  | 4,50 | -    | 1,17 | -    | -    |
| 4 смуги з кишенею   | 1,56                  | 1,82 | 1,73 | 1,17 | 1,11 | 0,95 |
| 4 смуги без кишені  | 4,65                  | 5,44 | 5    | 1,17 | 1,08 | 0,92 |

Аналіз даних табл. 1.1 свідчить, що відсутність заїзної кишені провокує перерозподіл та суттєве перевантаження суміжних смуг руху.

За результатами регресійного аналізу встановлено математичні залежності коефіцієнта смуговості ( $k_c$ ) для другої смуги від інтенсивності руху МПТ ( $N_{мпт}$ , од./год) на двосмугових ділянках магістралей.

**Для варіанта з облаштованою заїзною кишенею (рис. 1.7):**

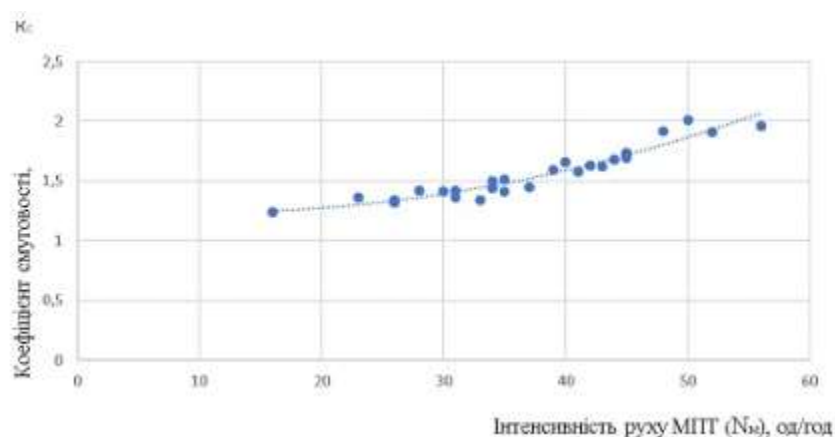


Рис. 3.7. Залежність коефіцієнту смуговості  $k_c$  (для другої смуги руху) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту через зупинку облаштовану кишенею

Залежність апроксимовано поліномом другого ступеня:

$$k_c = 0,0004N_{MT3}^2 + 0,0082N_M + 1,28, \quad (3.1)$$

де  $k_c$  – коефіцієнт смуговості;  $N_{MT3}$  – інтенсивність руху маршрутного пасажирського транспорту, од/год.

Для варіанта без заїзної кишені (рис. 1.8):

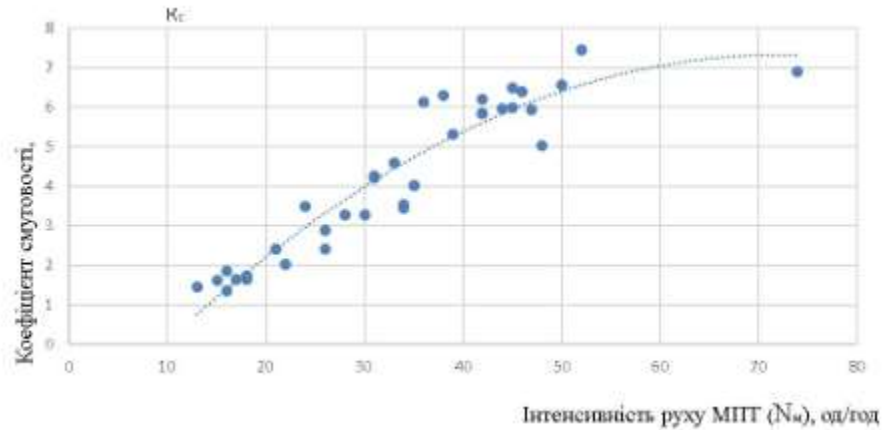


Рис. 3.8. Залежність коефіцієнту смуговості  $k_c$  (для другої смуги руху) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту через зупинку без кишені

$$k_c = -0,0019N_{MT3}^2 + 0,2708N_M - 2,4476 \quad (3.2)$$

Коефіцієнт детермінації складає  $R^2=0,901$ .

Визначені залежності дозволяють зробити висновок, що проектування заїзної кишені є ефективним інструментом розвантаження швидкісних смуг, проте її доцільність обмежена інтенсивністю руху громадського транспорту. Зокрема, за інтенсивності руху МПТ до 17 од./год або за її екстремального зростання понад 71 од./год влаштування заїзної кишені є недоцільним. У випадку перевищення верхньої межі ( $N_{мпт} > 71$  од./год) ефективним заходом ОДР є виділення спеціалізованої смуги для громадського транспорту.

Загалом, відсутність заїзних кишень знижує коефіцієнт завантаження першої смуги в середньому на 23% (для двосмугових), на 12% (для трисмугових) та на 10% (для чотирисмугових вулиць).

Слід зазначити, що у насиченому (зв'язаному) режимі та за умов затору характер розподілу ТЗ кардинально змінюється: транспорт рівномірно заповнює всі смуги проїзної частини через падіння швидкості всього потоку. На чотирисмугових магістралях під час затору завантаження смуг становить: перша — ~21%, друга — ~23%, третя — ~25%, четверта — ~31%. Тобто під час затору частка ТЗ на першій смузі зростає в середньому на 13%, на другій — на 3,5%, що знижує навантаження на третій та четвертій смугах на 7,5% та 9% відповідно.

### Висновки

Облаштування заїзних кишень на зупинкових пунктах маршрутного пасажирського транспорту є науково обґрунтованим та доцільним заходом для міських магістралей з 1–3 смугами руху в одному напрямку. Реалізація цього планувального рішення дозволяє підвищити коефіцієнт завантаження крайньої правої смуги на 15–25% та збільшити загальну пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі.

## 1.2 Дослідження часових витрат маршрутного пасажирського транспорту, зумовлених взаємними перешкодами на міських зупинках

Поряд із затримками, що виникають унаслідок взаємодії транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міста, суттєвий вплив на ефективність функціонування системи пасажирських перевезень мають часові витрати, пов'язані з процесами під'їзду транспортних засобів до зупинки, обслуговування пасажирів та подальшого виїзду в транспортний потік. У зв'язку з цим

особливого значення набуває дослідження взаємних перешкод між маршрутними транспортними засобами в межах зупинкових пунктів.

Взаємодія транспортних засобів на зупинках громадського транспорту переважно визначається умовами їх маневрування під час в'їзду до місця посадки та висадки пасажирів, а також під час виїзду із зупинкового майданчика. Саме тому оцінювання часових втрат доцільно здійснювати комплексно, враховуючи як тривалість обслуговування пасажирів, так і час виконання відповідних маневрів.

До основних чинників, що впливають на виникнення додаткових затримок маршрутного транспорту на зупинках, належать кількість маршрутів громадського транспорту, інтенсивність руху транспортних потоків, тип і габаритні характеристики транспортних засобів, конструктивні особливості зупинкового пункту (наявність або відсутність заїзної кишені), а також погодні умови.

Для аналізу особливостей функціонування зупинок маршрутного транспорту розглянемо два типові варіанти їх експлуатації. Перший варіант стосується зупинок, розрахованих на одночасне обслуговування лише одного транспортного засобу. У такому випадку кожний автобус або тролейбус займає зупинку на час, необхідний для під'їзду, посадки та висадки пасажирів, а також виїзду із зупинкового майданчика. Транспортні засоби, що прибувають у цей період, змушені очікувати звільнення місця обслуговування, що призводить до формування черг і виникнення додаткових затримок.

Утворення черг на зупинках негативно впливає на пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі, знижує швидкість сполучення та погіршує якість транспортного обслуговування населення. Крім того, в окремих випадках водії змушені здійснювати посадку та висадку пасажирів із порушенням вимог безпеки дорожнього руху, що підвищує рівень аварійної небезпеки.

Одним із ключових показників ефективності функціонування зупинки є її пропускна спроможність, яка характеризує максимальну кількість маршрутних транспортних засобів, що можуть бути обслуговані протягом визначеного проміжку часу. Для однопозиційної зупинки пропускна спроможність визначається тривалістю повного циклу обслуговування одного транспортного засобу, включаючи час під'їзду, стоянки та виїзду.

На магістральних вулицях великих міст України переважають багатопозиційні зупинки, які забезпечують одночасне обслуговування декількох транспортних засобів. Проте навіть за наявності кількох місць стоянки ефективність їх використання часто знижується внаслідок виникнення взаємних перешкод між транспортними засобами. Такі ситуації супроводжуються додатковими маневрами під час зайняття або звільнення місця стоянки, що спричиняє збільшення загальних часових витрат.

Найпоширенішими випадками неефективного використання місць обслуговування є:

- зупинка транспортного засобу одразу біля в'їзду на зупинку, що унеможливорює використання вільних місць попереду;
- нераціональне розташування транспортних засобів на зупинці, внаслідок чого частина місць залишається невикористаною;
- відмова водіїв від зайняття вільного місця через необхідність виконання складного маневру об'їзду інших транспортних засобів.

Для врахування зазначених факторів при визначенні пропускної спроможності багатопозиційних зупинок використовуються коригувальні коефіцієнти, що характеризують рівень конфліктності між транспортними засобами та ефективність використання місць обслуговування.

Особливий вплив на виникнення затримок має розташування зупинок поблизу регульованих перехресть. За високої інтенсивності руху маршрутного транспорту та тривалих заборонних сигналів світлофорів відбувається

накопичення транспортних засобів перед перехрестям. У результаті до зупинки одночасно прибувають групи автобусів і тролейбусів, що суттєво збільшує рівень конфліктності та призводить до додаткових часових втрат.

Результати досліджень свідчать, що збільшення кількості місць обслуговування на зупинці не супроводжується пропорційним зростанням її пропускної спроможності. Зі збільшенням кількості позицій зростає ймовірність виникнення взаємних перешкод між транспортними засобами, що призводить до зниження ефективності використання кожного додаткового місця стоянки. Аналіз експлуатаційних показників показав, що облаштування понад чотирьох місць для стоянки маршрутного транспорту є малоефективним з точки зору організації руху.

Проведені дослідження також засвідчили, що за одночасного перебування на зупинці п'яти маршрутних транспортних засобів тривалість процесів посадки та висадки пасажирів може збільшуватися на 30–50 % порівняно з нормативними значеннями.

Важливим показником, що характеризує рівень взаємного впливу транспортних засобів на зупинці, є час конфліктності. Під цим поняттям розуміється додаткова тривалість перебування транспортного засобу на зупинці, обумовлена виникненням перешкод під час маневрування або обслуговування пасажирів. Визначення зазначеного параметра дозволяє кількісно оцінити вплив конфліктних ситуацій на пропускну спроможність зупинки та обґрунтувати напрями її вдосконалення.

Для дослідження часових втрат, спричинених взаємними перешкодами між маршрутними транспортними засобами, було проведено натурні обстеження зупинок громадського транспорту. Аналіз охоплював два типи зупинкових пунктів: з обладнаною заїзною кишенею та без неї.

Результати спостережень показали, що наявність заїзної кишені забезпечує більш гнучкі умови маневрування транспортних засобів і дозволяє скоротити

кількість випадків блокування руху. Водночас навіть за таких умов можуть виникати додаткові затримки через високу інтенсивність транспортних потоків на сусідніх смугах руху.

Під час дослідження було обстежено 628 одиниць маршрутного пасажирського транспорту, зокрема автобуси малої, середньої, великої та особливо великої місткості, а також тролейбуси. Для кожного транспортного засобу визначалися середні витрати часу на в'їзд до зупинки, обслуговування пасажирів та виїзд у транспортний потік.

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити, що на тривалість перебування транспортного засобу на зупинці найбільше впливають конструктивні параметри зупинки, інтенсивність дорожнього руху, габаритні характеристики транспортного засобу та кількість маршрутних транспортних засобів, які одночасно перебувають у зоні обслуговування.

Час перебування транспортного засобу на зупинці доцільно розглядати як суму нормативної та надлишкової складових. Нормативна складова включає витрати часу на під'їзд, стоянку та виїзд відповідно до прийнятих умов організації руху. Надлишкова складова характеризує додаткові затримки, спричинені конфліктними ситуаціями між транспортними засобами. Саме ця величина є кількісним показником рівня конфліктності та використовується для подальшого аналізу ефективності функціонування зупинок маршрутного транспорту.

Статистична обробка результатів натурних спостережень дала можливість встановити регресійні залежності між часом перебування транспортного засобу на зупинці та величиною конфліктних затримок за різної кількості одночасно присутніх транспортних засобів. Отримані моделі характеризуються високими значеннями коефіцієнтів детермінації, що підтверджує достовірність встановлених закономірностей та можливість їх використання під час проєктування і модернізації зупинок громадського транспорту.



Таким чином, результати дослідження свідчать про суттєвий вплив взаємних перешкод між маршрутними транспортними засобами на часові характеристики їх роботи. Врахування встановлених закономірностей дозволяє обґрунтовувати раціональні інженерно-планувальні рішення щодо організації зупинок громадського транспорту та підвищувати ефективність функціонування міської транспортної системи.

### 1.3 Витрати часу на посадку, висадку та очікування пасажирів маршрутним транспортом

Як було встановлено в попередніх підрозділах дослідження, одним із ключових чинників, що визначають тривалість перебування маршрутного транспортного засобу на зупинці, є процес обслуговування пасажирів, який включає їх посадку та висадку. Крім того, істотний вплив на час стоянки має очікування додаткових пасажирів, які можуть підійти до зупинки безпосередньо перед відправленням транспортного засобу.

Час обслуговування пасажирів доцільно визначати як проміжок від моменту відкриття дверей транспортного засобу до завершення посадки останнього пасажиря, який перебував на зупинці та мав намір скористатися відповідним маршрутом. Водночас загальна тривалість перебування транспортного засобу на зупинці включає не лише процес посадки та висадки пасажирів, а й додатковий час очікування потенційних користувачів маршруту.

Отже, сумарний час стоянки транспортного засобу на зупинці складається з таких елементів: відкриття дверей, висадка пасажирів, посадка пасажирів, очікування додаткових пасажирів, закриття дверей та початок руху. У зв'язку з цим дослідження було спрямоване на визначення часових витрат, необхідних для обслуговування пасажирів на зупинці, а також встановлення закономірностей формування загального часу стоянки маршрутного транспорту.

Під час проведення натурних обстежень було встановлено, що на транспортно-пересадкових вузлах спостерігаються додаткові часові витрати, пов'язані з очікуванням пасажирів. Подібні випадки були зафіксовані у 23 % від загальної кількості проведених спостережень.

Слід зазначити, що транспортний засіб, який затримується на зупинці, створює перешкоди для інших одиниць громадського транспорту, що прибувають на зупиночний пункт та не можуть зайняти місце для посадки і висадки пасажирів. У результаті цього виникають додаткові затримки не лише для маршрутного транспорту, але й для транспортних потоків на суміжних смугах руху.

Для дослідження закономірностей формування часу стоянки було проведено обстеження 84 маршрутів громадського транспорту міста Києва. Спостереження здійснювалися в періоди найбільшої пасажирської активності протягом доби та тижня. Збір інформації виконувався методом відеофіксації з подальшою обробкою та аналізом отриманих матеріалів. Основною метою дослідження було встановлення залежностей між часом перебування транспортного засобу на зупинці та параметрами пасажирообміну.

Результати експериментальних досліджень наведено у додатку Г. Вони містять інформацію щодо тривалості посадки та висадки пасажирів, а також часу додаткового очікування пасажирів на зупинках громадського транспорту.

Результати регресійного аналізу свідчать про наявність вираженої лінійної залежності між тривалістю стоянки транспортного засобу на зупинці та кількістю пасажирів, які здійснюють посадку або висадку.

Аналіз значень коефіцієнтів детермінації показав, що від 94 до 96 % варіації часу стоянки маршрутного транспорту пояснюється кількістю пасажирів, які здійснюють посадку та висадку. Отримані результати підтверджують наявність тісного статистичного зв'язку між зазначеними показниками.

Разом із тим встановлено, що на тривалість стоянки впливають й інші фактори, серед яких найбільш вагомими є рівень заповнення салону транспортного засобу та інтервал руху на маршруті. Дослідження показало, що інтервал руху не має статистично значущого впливу на час додаткового очікування пасажирів, оскільки між цими параметрами не було виявлено кореляційної залежності.

У межах проведеного аналізу вплив заповнення салону на тривалість процесів посадки та висадки пасажирів не враховувався. Для побудови регресійних моделей використовувалися усереднені значення показників. Такий підхід обумовлений тим, що навіть на одному маршруті в однакові часові періоди можуть експлуатуватися транспортні засоби з різним рівнем заповнення салону, що значно ускладнює врахування даного чинника в розрахунках.

Водночас для оцінювання часу очікування пасажирів на зупинці показник наповненості салону має істотне значення. Аналіз експериментальних даних підтвердив, що ступінь завантаження транспортного засобу суттєво впливає на рішення водія щодо додаткової стоянки в очікуванні нових пасажирів.

Під час дослідження встановлено, що після завершення посадки та висадки пасажирів водії нерідко залишають транспортний засіб на зупинці з відчиненими дверима, очікуючи можливого підходу додаткових пасажирів. Час такого очікування визначається як інтервал від завершення процесу посадки останнього пасажирів до моменту закриття дверей і початку руху транспортного засобу. Результати спостережень засвідчили, що в окремих випадках цей інтервал перевищує сумарну тривалість усіх інших операцій, пов'язаних з обслуговуванням пасажирів.

Встановлено, що рішення про додаткове очікування пасажирів приймається безпосередньо водієм транспортного засобу. На основі результатів натурних спостережень визначено основні фактори, які впливають на тривалість такого очікування:

- рівень заповнення салону транспортного засобу;
- інтервал руху транспортних засобів на маршруті;
- наближення транспортного засобу-конкурента або дублюючого маршруту;
- організація системи оплати проїзду;
- інтенсивність підходу пасажирів до зупинки;
- необхідність вирівнювання інтервалів руху на маршруті;
- індивідуальні особливості роботи водія;
- реакція пасажирів на тривалість очікування.

Більшість зазначених факторів мають випадковий характер та значною мірою залежать від людського чинника, що ускладнює встановлення стійких закономірностей їхнього впливу. Винятком є показник заповнення салону транспортного засобу, для якого було встановлено статистично значущу залежність із часом очікування пасажирів на зупинці.

На основі результатів дослідження побудовано кореляційне поле та отримано регресійну модель, що описує залежність часу очікування від рівня заповнення салону транспортного засобу:

$$точ = 0,0094H^2mз - 1,7161Hmз + 80,91,$$

де *точ* — час очікування пасажирів на зупинці, с;

*Hmз* — рівень заповнення салону транспортного засобу, %.

Отримана модель характеризується високою достовірністю, що підтверджується значенням коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,9257$ . Це свідчить про наявність тісного статистичного зв'язку між наповненістю салону та тривалістю очікування пасажирів.

Оцінювання часових втрат, пов'язаних із взаємодією пішохідних потоків на тротуарі та пасажирських потоків у зоні зупинки, потребує окремого дослідження просторового розміщення зупинкового павільйону відносно місця посадки пасажирів. Розгляд зазначеного питання буде здійснено в наступних розділах роботи.

Таким чином, визначені фактори дозволяють комплексно оцінити тривалість перебування маршрутного транспортного засобу на зупинці та встановити його вплив на умови руху транспортних потоків міської вулично-дорожньої мережі. Отримані результати можуть бути використані при розробленні інженерно-планувальних рішень щодо вдосконалення організації роботи зупинок громадського транспорту.

#### Висновки до розділу 1

У результаті проведеного дослідження встановлено, що інтенсивний рух пасажирського громадського транспорту, зокрема під час виконання маневрів заїзду на зупинку, виїзду із неї та здійснення посадки-висадки пасажирів, суттєво впливає на умови руху транспортного потоку. Такі маневри спричиняють поперечне ущільнення транспортних засобів і скорочення інтервалів між ними на суміжних смугах руху, що призводить до перерозподілу транспортних потоків та зниження пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі. У зв'язку з цим під час проєктування елементів організації дорожнього руху необхідно враховувати експлуатаційні характеристики та пропускну спроможність зупинок маршрутного транспорту.

Проведений аналіз показав, що облаштування заїзних кишень на зупинках громадського транспорту є ефективним інженерним рішенням для магістральних вулиць з однією, двома або трьома смугами руху в одному напрямку. Використання таких конструктивних елементів сприяє підвищенню пропускної спроможності крайньої правої смуги приблизно на 15–20 %, що позитивно впливає на загальні умови руху транспортних потоків.

Водночас встановлено, що ефективність функціонування зупинки визначається не лише наявністю або відсутністю заїзної кишені, а й організацією процесу обслуговування транспортних засобів. Особливого значення набуває можливість виконання маневру об'їзду транспортного засобу, який перебуває на зупинці, оскільки це дозволяє зменшити затримки та підвищити рівень використання пропускної здатності зупинкового пункту.

Результати дослідження свідчать, що збільшення кількості місць одночасної стоянки транспортних засобів на зупинці понад чотири є недостатньо ефективним. Таке рішення супроводжується зростанням кількості конфліктних ситуацій між маршрутними транспортними засобами та збільшенням часових витрат на виконання маневрів, що негативно впливає на загальну ефективність роботи зупинки.

Визначено, що для об'єктивної оцінки пропускної спроможності зупинок маршрутного транспорту необхідно враховувати комплекс часових параметрів, зокрема тривалість заїзду та виїзду транспортного засобу, час відкриття та закриття дверей, тривалість посадки й висадки пасажирів, час очікування на зупинці, а також затримки, пов'язані з виникненням конфліктних ситуацій між транспортними засобами.

Побудовані за результатами дослідження регресійні моделі підтвердили наявність статистично значущих взаємозв'язків між основними параметрами функціонування зупинок маршрутного транспорту. Отримані залежності можуть бути використані для прогнозування умов обслуговування пасажирів, оцінювання ефективності роботи зупинок та обґрунтування управлінських і проєктних рішень, спрямованих на підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи.

## РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ МІСЬКИХ ЗУПИНОК МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

### 2.1 Визначення розрахункових параметрів зупинкової площадки маршрутного транспорту

Одним із ключових чинників, що визначають рівень пропускнуєї спроможності міської вулично-дорожньої мережі, є параметри зупинок маршрутного транспорту. Ефективність їх функціонування залежить від інтенсивності руху громадського транспорту, обсягів пасажиропотоків, кількості маршрутів, які обслуговуються на зупинці, а також від її геометричних характеристик. Встановлено, що зупинки маршрутного транспорту істотно впливають не лише на процес обслуговування пасажирів, але й на умови руху інших транспортних засобів, що переміщуються відповідною магістраллю.

Згідно з результатами попередніх досліджень, зона впливу зупинки громадського транспорту на транспортний потік може досягати 400 м. Її протяжність визначається сукупністю постійних та змінних факторів. До постійних належать геометричні параметри посадкового майданчика, тоді як змінними є тривалість посадки та висадки пасажирів, час перебування транспортних засобів на зупинці, інтенсивність руху маршрутного транспорту, а також затримки, пов'язані з виникненням транспортних конфліктів.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що збільшення часу перебування маршрутних транспортних засобів на зупинці значною мірою обумовлене нераціональним використанням місць для їх стоянки. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах експлуатації рухомого складу різних габаритних розмірів, що ускладнює процеси маневрування під час заїзду та виїзду із зупинкового майданчика.

У процесі проектування зупинок необхідно враховувати технічні характеристики та геометричні параметри транспортних засобів різних класів — малого, середнього, великого та особливо великого. Результати натурних обстежень зупинок міста Києва дозволили класифікувати їх залежно від типу рухомого складу, що здійснює обслуговування пасажирів. Ефективність використання посадкових місць оцінювалася на основі аналізу залежності часу відправлення транспортного засобу від інтенсивності руху по крайній правій смузі, його місткості та умов маневрування при об'їзді транспортних засобів, які перебувають попереду.

Отримані результати підтверджують необхідність врахування впливу характеристик рухомого складу на функціонування зупинок маршрутного транспорту. Такий підхід дає змогу встановити закономірності формування часових втрат та оцінити вплив статичних і динамічних габаритів транспортних засобів на параметри інженерно-планувальних рішень.

Для визначення площі динамічного габариту транспортного засобу використовується залежність

$$\delta = b(l + t_{pv} + cv^2 + a), \quad (4.1)$$

де  $b$  — ширина смуги руху, необхідна для переміщення транспортного засобу, м;

$l$  — довжина транспортного засобу, м;

$t_p$  — час реакції водія, с;  $c$  — коефіцієнт гальмування, який враховує технічний стан гальмової системи та умови зчеплення шин із дорожнім покриттям;

$a$  — безпечний інтервал між транспортними засобами, м;

$v$  — швидкість руху, м/с.



Площа статичного габариту визначається з урахуванням геометричних розмірів транспортного засобу та нормативних інтервалів безпеки між суміжними транспортними засобами на зупинці. Вона може бути розрахована за формулою

$$S_c = z(l + ld), \quad (2.2)$$

де  $z$  — ширина стоянкового місця транспортного засобу на зупинці, м;

$l$  — довжина транспортного засобу, м;

$ld$  — відстань між транспортними засобами, що перебувають на стоянці, м.

Сучасні підходи до проєктування зупинок громадського транспорту передбачають комплексний облік не лише показників пропускної спроможності та інтенсивності руху, а й характеристик рухомого складу, насамперед його статичних та динамічних габаритів. Це особливо важливо за умов одночасного перебування на зупинці декількох транспортних засобів різних типів і розмірів.

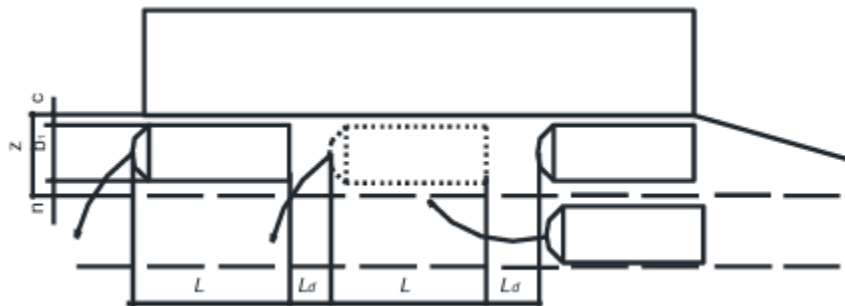


Рис. 2.1. Схема розміщення транспортних засобів на зупинці

Відповідно до вимог чинних галузевих будівельних норм під час проєктування необхідно орієнтуватися на транспортний засіб із найбільшими габаритними параметрами, який експлуатується на відповідному маршруті. З

метою вдосконалення методики проєктування доцільно використовувати поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб» (РПТЗ), під яким слід розуміти транспортний засіб, геометричні та динамічні характеристики якого приймаються як базові під час визначення параметрів зупинкової інфраструктури.

Проведені дослідження параметрів автобусів і тролейбусів, що експлуатуються на міських маршрутах, показали суттєву варіативність їх довжини за практично незмінної ширини. Статистичне опрацювання результатів натурних спостережень дозволило побудувати кумулятивні криві розподілу довжин транспортних засобів та визначити їх характерні значення.

Встановлено, що для автобусів довжина при рівні забезпеченості 75 % становить 9,3 м, а при рівні забезпеченості 95 % — 16,5 м. Для тролейбусів відповідний показник при 95 %-му рівні забезпеченості дорівнює 18,1 м. Ширина більшості досліджуваних транспортних засобів становить 2,5 м.

Важливим параметром під час визначення площі статичного габариту є відстань між транспортними засобами, які одночасно перебувають на зупинці. Результати натурних спостережень та подальше статистичне опрацювання даних показали, що значення відстані між суміжними транспортними засобами при 95 %-му рівні забезпеченості становить 1,65 м.

Отримані результати свідчать про можливість визначення параметрів розрахункового пасажирського транспортного засобу для будь-якого населеного пункту на основі натурних досліджень. Врахування довжини, ширини та необхідних інтервалів безпеки між транспортними засобами дозволяє обґрунтовано визначати параметри зупинкових майданчиків і створювати умови для ефективної організації процесів посадки та висадки пасажирів. Реалізація такого підходу сприяє скороченню часу перебування транспортних засобів на зупинках та підвищенню ефективності функціонування міської транспортної системи.

## 2.2 Визначення місця розміщення павільйону зупинки маршрутного пасажирського транспорту

Одним із важливих факторів, що впливають на ефективність функціонування зупинок маршрутного транспорту, є раціональне розміщення елементів зупинкової інфраструктури. Особливе значення при цьому має місце розташування павільйону очікування пасажирів, оскільки воно безпосередньо впливає на організацію пасажиропотоків, умови посадки та висадки пасажирів, а також на рівень використання посадкового майданчика.

Як було встановлено в результаті досліджень, наведених у попередньому розділі, однією з причин виникнення додаткових затримок під час обслуговування пасажирів є наявність конфліктних взаємодій між пасажирями, які здійснюють посадку та висадку, і пішоходами, що рухаються вздовж зупинкового майданчика. Такі конфлікти призводять до збільшення часу перебування транспортного засобу на зупинці та зниження ефективності її функціонування.

Результати натурних спостережень показали, що одним із чинників, які впливають на інтенсивність виникнення конфліктних ситуацій між пішоходами та пасажирями, є місце розташування павільйону на території зупинки. Встановлено, що незалежно від місця його розміщення — на початку, у центральній частині чи наприкінці посадкового майданчика — водії маршрутних транспортних засобів прагнуть здійснювати зупинку безпосередньо навпроти павільйону.

Така поведінка пояснюється прагненням забезпечити максимальну зручність для пасажирів, оскільки основна частина осіб, які очікують транспортний засіб, перебуває саме в межах павільйону або поруч із ним. У результаті водії інтуїтивно обирають місце зупинки, що мінімізує відстань

переміщення пасажирів до дверей транспортного засобу та сприяє покращенню якості транспортного обслуговування.

Разом із тим проведені спостереження засвідчили, що за певних схем організації зупинки таке розташування транспортного засобу може призводити до неефективного використання довжини посадкового майданчика. Зокрема, у випадках, коли павільйон розташований на початку зупинки, а спеціальна заїзна кишеня відсутня, перший транспортний засіб, що прибуває на зупинку, часто займає позицію навпроти павільйону. Це створює перешкоди для інших транспортних засобів, які під'їжджають слідом, навіть за наявності вільного простору перед першим автобусом або тролейбусом.

У таких умовах виникає черга маршрутних транспортних засобів, що очікують можливості здійснити посадку та висадку пасажирів. Наслідком цього є зниження пропускної спроможності зупинки, збільшення часу затримки транспортних засобів та погіршення умов обслуговування пасажирів. Крім того, зростає довжина пішохідних переміщень пасажирів, які змушені долати додаткову відстань до місця зупинки транспортного засобу.

З метою визначення закономірностей взаємозв'язку між розташуванням павільйону та фактичним місцем зупинки маршрутного транспортного засобу було проведено спеціальне експериментальне дослідження. У ході дослідження місце розташування павільйону визначалося як відстань від початку посадкового майданчика до геометричного центру павільйону. Точка зупинки транспортного засобу визначалася як відстань від початку зупинки до передньої частини транспортного засобу.

Обробка отриманих результатів показала наявність тісного кореляційного зв'язку між зазначеними параметрами. Значення коефіцієнта детермінації становило  $R^2 = 0,8962$ , що свідчить про високий ступінь залежності положення транспортного засобу від місця встановлення павільйону.

На основі результатів експерименту було отримано рівняння регресії:

$$L_{mt} = 0,8262L_n + 1,1723, \quad (2.3)$$

де  $L_n$  — відстань від початку зупинки до середини павільйону, м;

$L_{mt}$  — відстань від початку зупинки до точки зупинки маршрутного транспортного засобу, м.

Отримана залежність підтверджує, що зміна місця розташування павільйону безпосередньо впливає на положення транспортного засобу під час посадки та висадки пасажирів. Відповідно, правильний вибір місця встановлення павільйону дозволяє оптимізувати використання всієї довжини посадкового майданчика та підвищити ефективність роботи зупинки.

Проведений аналіз показав, що розміщення павільйону на початку або в центральній частині посадкового майданчика не забезпечує повного використання його довжини. За таких умов значна частина зупинкової площадки залишається невикористаною, що негативно впливає на можливість одночасного обслуговування кількох маршрутних транспортних засобів.

Для забезпечення максимально ефективного використання зупинкового простору доцільно розташовувати павільйон на відстані приблизно трьох чвертей довжини посадкового майданчика від його початку. Така схема сприяє більш рівномірному розподілу транспортних засобів уздовж зупинки, зменшує ймовірність виникнення заторних ситуацій та дозволяє підвищити пропускну спроможність зупинкового пункту.

Отже, раціональне розміщення павільйону є важливим елементом інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту. Врахування встановлених закономірностей під час проєктування дозволяє підвищити ефективність використання зупинкової інфраструктури, скоротити часові витрати пасажирів і транспортних засобів, а також покращити якість транспортного обслуговування населення.

## 2.4 Рекомендації щодо проєктування зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях

Розроблення рекомендацій щодо проєктування зупинок маршрутного транспорту передбачає визначення їхніх раціональних геометричних параметрів з урахуванням чинників, які безпосередньо впливають на ефективність функціонування об'єкта транспортної інфраструктури. Як було встановлено в попередніх розділах дослідження, основними конструктивно-планувальними елементами зупинки є зупинковий та посадковий майданчики. У зв'язку з цим першочерговим завданням інженерно-планувальної організації є обґрунтування оптимальних розмірів саме цих елементів.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень свідчать про відсутність необхідності окремого визначення довжини посадкового майданчика. Його протяжність доцільно приймати рівною довжині зупинкового майданчика, оскільки саме така конфігурація забезпечує ефективне використання території зупинки та належні умови для посадки й висадки пасажирів.

Відповідно до чинних нормативних вимог необхідним є визначення ширини посадкового майданчика. Встановлено, що цей параметр залежить від інтенсивності пасажирообігу та середньої тривалості перебування пасажирів у зоні очікування. Основним розрахунковим показником при визначенні ширини посадкового майданчика є нормативна щільність розміщення пасажирів, яка відповідно до діючих норм становить 2 особи на 1 м<sup>2</sup> площі.

Таким чином, ключовим параметром, що визначає геометричні характеристики зупинки маршрутного транспорту, є довжина зупинкового майданчика. Саме цей показник забезпечує належний рівень функціональної ефективності зупинки за конкретних умов її експлуатації.

Проведені дослідження дозволили сформулювати основні вимоги щодо забезпечення ефективної роботи зупинок маршрутного транспорту:

– на міських вулицях із однією, двома або трьома смугами руху в одному напрямку за інтенсивності руху транспортного потоку по крайній правій смузі понад 400 авт./год та інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів від 17 до 71 од./год доцільно передбачати влаштування заїзної кишені;

– кількість місць одночасної стоянки маршрутних транспортних засобів повинна становити не більше трьох за відсутності заїзної кишені та не більше чотирьох за її наявності;

– раціональним місцем розташування павільйону очікування є точка, що знаходиться на відстані 3/4 довжини посадкового майданчика від його початку.

За наявності необхідних вихідних параметрів ефективна довжина зупинкового майданчика для транспортних засобів одного виду визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$L_{\text{эф.зуп}} = Mm \times l_{\text{пнтз}} + ld \times (Mm - 1), \quad (4.4)$$

де  $L_{\text{эф.зуп}}$  – ефективна довжина зупинкового майданчика, м;

$Mm$  – кількість місць для одночасного обслуговування маршрутних транспортних засобів;

$l_{\text{пнтз}}$  – довжина розрахункового пасажирського транспортного засобу, м

$d$  – інтервал між транспортними засобами під час стоянки, м.

У випадку обслуговування зупинкою декількох видів пасажирського транспорту доцільно застосовувати узагальнену методику розрахунку, яка враховує різні типи рухомого складу та їхні геометричні характеристики.

Аналіз наведених залежностей показує, що визначальним чинником при встановленні необхідної довжини зупинкового майданчика є кількість місць одночасної стоянки транспортних засобів. Вибір цього параметра має здійснюватися з урахуванням особливостей функціонування конкретної зупинки.

Визначення необхідної кількості місць стоянки є складним багатофакторним завданням, оскільки воно залежить від обсягу пасажиропотоку, інтенсивності руху громадського транспорту, кількості маршрутів, територіальних обмежень та типів транспортних засобів, що здійснюють обслуговування пасажирів. Водночас основним критерієм залишається величина пасажирообігу на зупинці.

Дослідження структури пасажирських потоків у різні періоди доби та дні тижня дає можливість визначити середні та пікові значення пасажирообігу, що дозволяє прогнозувати необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення належного рівня транспортного обслуговування.

Результати проведених досліджень також підтвердили наявність прямої залежності між інтенсивністю транспортного потоку та потребою у збільшенні кількості місць стоянки на зупинці.

Ширину зупинкового майданчика відповідно до нормативних вимог слід приймати не меншою ніж 3 м. При проектуванні заїзних кишень довжина перехідної ділянки в'їзду повинна становити не менше 20 м, а виїзду — не менше 15 м.

Отже, результати проведених досліджень дозволяють обґрунтовано визначати раціональні геометричні параметри зупинок маршрутного транспорту залежно від характеристик пасажирських і транспортних потоків, що забезпечує підвищення ефективності функціонування транспортної інфраструктури міста.

## Висновки до розділу 2

За результатами виконаних досліджень встановлено, що під час проектування зупинок маршрутного транспорту необхідно враховувати технічні характеристики рухомого складу, зокрема його статичні та динамічні габарити,



оскільки вони безпосередньо впливають на геометричні параметри зупинкових майданчиків та ефективність їх функціонування.

Обґрунтовано доцільність використання поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб», що дозволяє враховувати особливості експлуатації різних типів рухомого складу та забезпечує більш точне визначення необхідних розмірів зупинкової інфраструктури.

Установлено наявність лінійної залежності між місцем розташування павільйону очікування та положенням першого транспортного засобу на зупинці. На підставі отриманих результатів рекомендовано розміщувати павільйон на відстані трьох чвертей довжини посадкового майданчика від початку зупинки, що забезпечує більш раціональне використання її території.

Доведено, що визначення оптимальної кількості місць одночасної стоянки маршрутних транспортних засобів є ключовим етапом проєктування міських зупинок, оскільки саме цей показник формує необхідну довжину зупинкового майданчика та впливає на його пропускну спроможність.

Встановлено, що оцінювання ефективності інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту є важливою складовою підвищення якості транспортного обслуговування населення та забезпечення належного рівня функціонування магістральної вулично-дорожньої мережі міста.

## ВИСНОВКИ

У роботі виконано комплексне дослідження особливостей функціонування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст, визначено закономірності їхнього впливу на параметри транспортних і пішохідних потоків, а також розроблено рекомендації щодо вдосконалення інженерно-планувальної організації зупинкової інфраструктури. Отримані результати дозволили досягти поставленої мети дослідження та вирішити визначені наукові й практичні завдання.

1. На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових джерел, нормативно-правової бази та сучасних підходів до організації роботи громадського транспорту систематизовано існуючі принципи проєктування зупинок маршрутного транспорту. Встановлено, що ефективність функціонування зупинок значною мірою визначається їхнім розташуванням у структурі вулично-дорожньої мережі, геометричними параметрами та рівнем узгодженості із характеристиками транспортних і пішохідних потоків.

2. Виявлено та узагальнено основні фактори, що формують умови функціонування зупинок маршрутного транспорту та впливають на пропускну спроможність магістральних вулиць. До таких факторів належать інтенсивність руху транспортних засобів, обсяги пасажиропотоків, конструктивно-планувальні характеристики зупинки, кількість маршрутів громадського транспорту, особливості організації дорожнього руху та умови взаємодії транспортних і пішохідних потоків у зоні впливу зупинки.

3. У результаті проведених натурних обстежень та експериментальних досліджень отримано кількісні характеристики часових витрат транспортних засобів і пасажирів у межах зупинок маршрутного транспорту. Встановлено структуру загального часу перебування транспортного засобу на зупинці та

визначено складові, що найбільше впливають на виникнення затримок і зниження ефективності роботи транспортної системи.

4. Встановлено закономірності впливу інженерно-планувальних характеристик зупинок на показники транспортного обслуговування населення. Доведено, що нераціональні геометричні параметри зупинкових майданчиків і невідповідність їх пропускної спроможності фактичним умовам експлуатації призводять до збільшення часових втрат пасажирів, виникнення додаткових затримок громадського транспорту та зниження пропускної спроможності вуличної мережі.

5. Наукову новизну роботи становить удосконалений підхід до визначення параметрів зупинок маршрутного транспорту, який базується на врахуванні особливостей функціонування конкретної зупинки, інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів, обсягів пасажиропотоків та характеристик рухомого складу. Запропонований підхід дозволяє здійснювати більш обґрунтоване проектування елементів зупинкової інфраструктури порівняно з використанням виключно нормативних показників.

6. Запропоновано використовувати поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб» як універсальний інструмент для визначення необхідних геометричних параметрів зупинок у випадках одночасного обслуговування різних типів рухомого складу. Використання цього підходу забезпечує підвищення точності розрахунків довжини зупинкових майданчиків та сприяє раціональному використанню міського простору.

7. Отримано математичні залежності для визначення оптимальної кількості місць одночасної стоянки маршрутних транспортних засобів на зупинках. На відміну від традиційних підходів, запропоновані залежності враховують фактичні часові витрати транспортних засобів на виконання операцій посадки та висадки пасажирів, а також можливі затримки, спричинені взаємодією транспортних потоків.

8. Обґрунтовано рекомендації щодо раціонального розміщення павільйонів очікування на території зупинок маршрутного транспорту. Встановлено, що розташування павільйону на відстані трьох чвертей довжини посадкового майданчика від його початку забезпечує найбільш ефективне використання зупинкового простору та сприяє підвищенню рівня організації пасажирських потоків.

9. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання під час проєктування нових та модернізації існуючих зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст. Запропоновані рекомендації можуть бути застосовані проєктними організаціями, органами місцевого самоврядування та підприємствами, що здійснюють управління транспортною інфраструктурою.

10. Розрахунки соціально-економічної ефективності свідчать, що впровадження запропонованих інженерно-планувальних рішень дозволяє скоротити часові витрати пасажирів і транспортних засобів, підвищити рівень транспортного обслуговування населення та забезпечити додатковий економічний ефект за рахунок зменшення непродуктивних витрат часу в транспортній системі міста.

11. Результати дослідження створюють науково-методичне підґрунтя для подальшого вдосконалення методів проєктування та оцінювання ефективності зупинок маршрутного транспорту, а також можуть бути використані при розробленні сучасних концепцій розвитку міської мобільності, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності громадського транспорту та формування комфортного міського середовища.

Таким чином, результати виконаної роботи підтверджують доцільність застосування комплексного підходу до інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, що ґрунтується на врахуванні реальних умов їх функціонування. Реалізація запропонованих рекомендацій сприятиме

підвищенню ефективності роботи громадського транспорту, покращенню умов перевезення пасажирів та оптимізації функціонування міської транспортної системи в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2008. 156 с.
2. Вдовиченко В. О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / НТУ. Київ, 2004.
3. Горбачов П. Ф., Воронков О. І., Колій О. С., Нікітченко І. Н. Параметри руху маршрутного автомобільного пасажирського транспорту в центральній частині м. Харкова. *Вісник ХНАДУ*. 2013. № 60. С. 34-37.
4. Горбачов П. Ф., Колій О. С. Визначення часу затримки виїзду автобусу з пункту зупинки в потік автомобілів. *Автомобільний транспорт*. 2014. № 35. С. 116-122.
5. Кашканов О. О., Кужель В. П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с.
6. Колій О. С. Рациональне розташування зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів щодо регульованих перехресть : дис. . Канд. техн. наук: 05.22.01 / Харківський нац. автомобільно-дорожній університет Харків, 2017. 247 с.
7. Коцюк О. Я. Удосконалення автобусних маршрутних систем у великих та найбільших містах: автореф. дис. . канд. техн. наук. Київ, 1990. 20 с.
8. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ: Знання України, 2014. 467 с.
9. Horbachov P., Naumov V., Kolii O. Знімання bus delay на stopping point на базі трафіку. *Archives of Transport*. 2015. Vol. 35(3). P. 15-25.
10. Popovych P., Shyriaieva S., Selivanova N. Analysis of interaction of participants freight forwarding system. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. 2016. Vol. 1(1). P. 16-22.

<https://doi.org/10.14254/jsdtl.2016.1-1.3>

11. Rudjanakanoknad J. Analysis of factors affecting street bottleneck capacity  
чез oblique cumulative plots. *Journal of Eastern Asia Society for Transportation  
Studies*. 2010. T. 8. C. 1621-1631.