

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**ТІМКІНА СВІТЛАНА ЮРІЇВНА**



УДК: 711.73:656.11

**ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ЗУПИНОК  
МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА МАГІСТРАЛЬНИХ  
ВУЛИЦЯХ КРУПНИХ МІСТ**

05.23.20 – містобудування та територіальне планування

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ 2024

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**Степанчук Олександр Васильович**,  
Національний авіаційний університет, професор  
кафедри комп'ютерних технологій будівництва,  
м. Київ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Татарченко Галина Олегівна**,  
Східноукраїнський національний університет імені  
Володимира Даля, завідувач кафедри будівництва,  
урбаністики та просторового планування, м. Київ

кандидат технічних наук, доцент  
**Куцина Ірина Анатоліївна**,  
Ужгородський національний університет,  
доцент кафедри міського будівництва та господарства,  
м. Ужгород.

Захист відбудеться « 4 » жовтня 2024 року, о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.09 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, ауд. 319.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31.

Автореферат розісланий « 4 » вересня 2024 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
доктор технічних наук, професор



А. О. Анненков

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Рух транспортних засобів на міських вулицях і дорогах відбувається в умовах постійної взаємодії між собою різних видів транспортних засобів, а саме легкових автомобілів, пасажирського наземного транспорту (автобусів, тролейбусів, трамваїв, маршрутного таксі та ін.), вантажних автомобілів різної вантажопідйомності.

Затримки в русі транспорту, які сьогодні спостерігаються на вулично-дорожній мережі, значно впливають на швидкість сполучення, якість роботи транспортної системи та життєдіяльність всього міста, що супроводжується збільшенням витрат часу, додатковим навантаженням на транспортну інфраструктуру, непередбаченими простоями транспорту, перевищенням витрат пального, зношенням елементів та частин транспортних засобів, а також значним екологічним навантаженням на міське середовище.

Високий рівень автомобілізації, що спостерігається у більшості міст України за останні роки, призвів до зниження швидкості сполучення громадського маршрутного транспорту (ГМТ), внаслідок чого, знизилась ефективність його роботи. На даний час, на магістральних вулицях крупних та найкрупніших міст виник конфлікт між пішоходами, легковими автомобілями та вуличним маршрутним пасажирським транспортом. Відповідний конфлікт супроводжується збільшенням дорожньо-транспортних пригод (ДТП), значними матеріальними та людськими втратами, а також збільшенням часових, енергетичних та фінансових витрат для усіх учасників вуличного руху. Розглядаючи сутність та причини виникнення відповідної конфліктної ситуації, необхідно відмітити, що найбільше вона проявляється на перехрестях міських вулиць та в місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту або зонах їхнього впливу, а саме у місцях найбільшої концентрації пішохідного та транспортного руху. Цей конфлікт пояснюється тим, що взаємодія між маршрутним транспортом, який заїжджає, стоїть в очікуванні, виїжджає та транспортним потоком (ТП) впливає на: пропускну спроможність усієї проїзної частини вулиці; затримки пасажирів і транспортних засобів; умови безпеки транспорту і пішоходів. Вирішення даної проблеми вимагає розробки цілого ряду інженерно-планувальних, технічних, організаційних і управлінських заходів.

Питанням підвищення пропускну спроможності вулично-дорожньої мережі міст присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних науковців: Абрамової Л. С., Білятинського О. А., Богацького Г. Ф., Дьоміна М. М., Васильєвої Г. Ю., Гука В. І., Долі В. К., Дубової С. В., Лобашова О. О., Куциної І. А., Поліщука В. П., Озтюкер М. С., Осетріна М. М., Рейцена Є. О., Стародуб І. В., Степанчука О. В., Татарченко Г. О., Толока О. В., Угненко Є. Б., Філіпова В. В., Фішельсона М. С., Хом'яка Я. В., Хоревої Т. З., Шестокаса В. В. та ін.

Але на даний час робіт, які присвячені саме впливу зупинок маршрутного транспорту на рух транспортного потоку, а також дослідженню питань щодо особливостей їхнього розміщення та планувального рішення не так і багато серед них можна виділити праці: Горбачова П.Ф., Гришквявючене Д. Р., Єрмака О. М., Калюжного М. В., Колія О. С., Мюнцера Т. Роботи цих авторів у більшій мірі розглядали саме питання щодо розміщення зупинок маршрутного транспорту

відносно перехрестя та методи підвищення їхньої пропускної спроможності, а роботи, які стосувалися саме питань покращення планувальних рішень вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту в сучасних умовах відсутні.

Тому, на даний час, особливу увагу необхідно приділити саме удосконаленню інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту для вирішення задачі підвищення пропускної спроможності магістральних вулиць міст, покращення умов безпеки та комфорту для пасажирів і пішоходів. Питання покращення умов руху пішоходів, легкового та пасажирського транспортів на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, шляхом удосконалення інженерно-планувальної організації ЗМТ, останніми роками не розглядалося в повній мірі вітчизняними та зарубіжними науковцями.

Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст суттєво впливає на якість роботи всієї транспортної мережі міста.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Робота виконувалась в рамках науково-дослідної роботи, що була проведена кафедрою реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету: № 40/10.01.01 «Методологія підвищення ефективного функціонування вулично-дорожньої мережі міст України», № 42/10.01.01 «Обґрунтування умов розподілення транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста Києва», № 61/10.01.01 «Особливості формування пасажиропотоку на станція міського рельсового транспорту».

Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з реалізацією «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430-р), принципів «Концепції стратегічного розвитку міста Києва» (відповідно до Закону України «Про стимулювання розвитку регіонів» на підставі розпоряджень Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) від 30.08.2010 № 662, із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Київської міської державної адміністрації від 09.12.2010 № 1070, розроблена Стратегія розвитку м. Києва до 2025 року), розробкою державних будівельних норм із проектування вулиць та доріг населених пунктів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка інженерно-планувальної організації для оптимізації геометричних параметрів зупинок маршрутного транспорту, що дозволяє визначити ефективні підходи та рекомендації для покращення функціональності, безпеки та комфорту для пасажирів та усіх учасників вуличного руху.

*Основні задачі дослідження:*

- проаналізувати сучасний стан і виявити особливості та закономірності впливу місця розташування та інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту на рух транспортних потоків і пішоходів;
- виявити основні фактори, які мають вплив на пропускну спроможність міських магістральних вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту;
- узагальнити наукові роботи щодо інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст;

- провести комплекс експериментальних досліджень для визначення часових витрат транспортними засобами і пасажирями на зупинках маршрутного транспорту та на проїзній частині вулиці в зоні їхнього впливу;

- обґрунтувати систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст, які направлені на зменшення витрат часу пасажирів громадського транспорту та впливу транспортного потоку на пропускну спроможність самої зупинки;

- розробити рекомендації з розрахунку оптимальної довжини зупинки громадського транспорту на основі врахування її індивідуальних та функціональних особливостей.

**Об'єктом дослідження** є зупинки маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст.

**Предметом дослідження** є інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних і найкрупніших міст.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань були використані наступні методи дослідження:

- проведення експериментальних досліджень інтенсивності руху транспорту і пішоходів в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту;

- математично-статистичний аналіз закономірностей транспортного та пішохідного руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в отриманні практичних та теоретичних результатів щодо підвищення пропускну спроможності магістральних вулиць крупних і найкрупніших міст шляхом удосконалення системи заходів з територіальної організації зупинок маршрутного транспорту.

До вагомих результатів дослідження, що характеризуються науковою новизною і розкривають зміст дисертації та виносяться на захист, належать такі:

*Уперше:*

- використано комплексний підхід до проектування зупинок маршрутного транспорту з урахуванням різних факторів: транспортного потоку, пішохідного потоку, часу очікування пасажирів та місце розміщення павільйону, які впливають на ефективність роботи ЗМТ;

- визначені показники довжини «розрахункового пасажирського транспортного засобу», які дозволяють встановити оптимальні розміри зупинки маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст.

*Удосконалено:*

- модель взаємного впливу між учасниками руху в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях;

- систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях, що сприяє зменшенню витрат часу пасажирів та мінімізації впливу транспортного потоку на пропускну спроможність самої зупинки.

*Набули подальший розвиток:*

- методика визначення впливу, типу та розмірів зупинки маршрутного транспорту на пропускну спроможність магістральної вулиці в умовах щільного транспортного потоку;

– методи проектування та розрахунку геометричних параметрів зупинки маршрутного транспорту, які дозволяють забезпечити максимальну пропускну спроможність міської магістральної вулиці при відповідних дорожніх умовах.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у їхньому використанні в реальній практиці проектування елементів міських магістральних вулиць та впровадження заходів із організації вуличного руху в зоні розміщення та впливу зупинки маршрутного транспорту. Результати дисертаційного дослідження мають характер науково-практичних розробок та рекомендацій, які можуть бути використанні у містах України для розробки програм та впровадження ефективних заходів з транспортного обслуговування населення та прийняття рішень для підвищення пропускну спроможності магістральних вулиць та доріг.

Отримані результати дисертаційної роботи були використані:

Товариством з обмеженою відповідальністю «ПроМобільність» при розробці та вдосконаленні транспортної моделі міста Києва та його приміської зони, зокрема, була застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях міста Києва;

Комунальним підприємством «ЦЕНТР ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ» при розробці схем організації дорожнього руху з урахуванням зупинок маршрутного транспорту і необхідності заїзної кишені;

Комунальним підприємством «КИЇВПАСТРАНС» при впровадженні нових зупинок маршрутного транспорту у місті. Впровадження результатів дозволить покращити умови руху маршрутного транспорту та якість обслуговування пасажирів;

Товариством з обмеженою відповідальністю «Бюро архітектури та мобільності «УРБАН ПРОМО»», зокрема, застосована методика визначення часу затримки маршрутних транспортних засобів на зупинках маршрутного транспорту на магістральних вулицях

Основні положення та результати роботи знайшли використання у навчальному процесі на кафедрі інфраструктури авіаційного транспорту Факультету наземних споруд і аеродромів Національного авіаційного університету при підготовці студентів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати роботи отримані автором самостійно. Авторські розробки та основні положення дисертації відображені в публікаціях автора. Особистий вклад здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві: [1] – проведений аналіз методів проектування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст; [2] – визначені закономірності руху транспортних потоків та особливості виникнення черг на вулицях міст в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту; [6] – обґрунтовані методи визначення оптимального розміру розрахункового пасажирського транспортного засобу для проектування елементів зупинки маршрутного транспорту на вулицях міст; [7] – обґрунтовані типи зупинок маршрутного транспорту в залежності від геометричних характеристик існуючих вулиць та інтенсивності транспортного потоку й пасажиропотоку; [9] – проведений аналіз особливостей розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст; [10] – проаналізовані фактори, які впливають на пропускну спроможність зупинок маршрутного пасажирського транспорту; [11] – обґрунтовано заходи, які забезпечують підвищення

пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі міста; [12] – проведено дослідження закономірностей руху маршрутного транспорту на вулицях та дорогах населених пунктів; [13] – проаналізовані критерії і закономірності формування та розподілу пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту; [15] – запропоновано метод визначення оптимальної довжини посадкового майданчика на зупинках маршрутного транспорту; [16] – запропоновані заходи з організації руху пасажирських та пішохідних потоків в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міста; [17] – визначені та проаналізовані екологічні чинники, які впливають на розміщення зупинки маршрутного транспорту на вулицях та дорогах населених пунктів; [18] – запропоновані методи підвищення пропускної спроможності магістральних вулиць міст шляхом удосконалення інженерно-планувальних рішень зупинок маршрутного транспорту; [19] – запропоновані підходи та шляхи покращення умов пріоритетності користування громадським пасажирським транспортом; [20] – проаналізовані фактори, що впливають на умови функціонування та експлуатації вулично-дорожньої мережі міст; [21] – узагальнені фактори, які впливають на інженерно-планувальну організацію зупинок маршрутного транспорту.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались і обговорювались на 14-ти науково-практичних конференціях (Додаток Б) у провідних вищих навчальних закладах України, а саме: на Міжнародних науково-практичних конференціях «Архітектура та екологія. Проблеми міського середовища», Київ, Національний авіаційний університет (НАУ), VI (2014), VII (2015), X (2019); на Міжнародній науково-практичній конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє», Київ, НАУ, IV (2014); на Міжнародних науково-технічних конференціях «АВІА», Київ, НАУ, XI (2013), XII (2015), XV (2021); на VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», Харків, УкрДУЗТ (2019); на Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій», Харків, НУЦЗУ, (2021); на X Всесвітньому конгресі «Авіація в ХХІ столітті» – «Безпека в авіації та космічні технології», Київ, НАУ, (2022); на VI Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах», Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури, (2023); на I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення», Київ, НАУ, (2024).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 22 наукові праці, у тому числі з них: 7 – у вітчизняних виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань з технічних наук, визначених МОН України, 1 – у виданні, яке входять до наукометричних баз даних (*Scopus*) та 14 – у збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу та чотирьох розділів, загальних висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 182 сторінки, у тому числі 139 сторінок основного тексту, 44 рисунків та 18 таблиць, список використаних джерел, обсягом 110 найменувань, на 11 сторінках та додатків на 16 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження та її актуальність, сформульовано мету, задачі та визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, подано характеристику наукової новизни, практичного значення одержаних результатів та апробацію результатів дослідження наукової роботи.

У першому розділі «**Сучасний стан та проблеми функціонування зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст**» проаналізовані сучасний стан вулично-дорожньої мережі міст, закономірності розміщення зупинок маршрутного транспорту (ЗМТ), а також фактори, які впливають на особливості їхнього функціонування та обслуговування пасажирів.

Темпи зростання автомобілізації крупних міст та інтенсивності руху значно випереджають темпи зростання протяжності вулично-дорожньої мережі та її вдосконалення. У таких умовах особливої актуальності набуває проблема вдосконалення вулично-дорожньої мережі міста та її оснащення.

Загальна довжина мережі наземного транспорту, з урахуванням накладання ліній різних видів, для міста Києва складає 570 км, щільність мережі – 1,6 км/км<sup>2</sup>, загальна довжина вулично-дорожньої мережі – 1630 км, з якої магістральна – 620 км, довжина тролейбусної та автобусної мереж відповідно 154,3 км та 485 км.

Згідно із зібраними даними, у місті Києві нараховується 2829 зупинок маршрутного транспорту. Розподіл їх в залежності від виду транспорту, який обслуговує ЗМТ наведений у таблиці 1.

*Таблиця 1*

### **Кількість зупинок маршрутного транспорту в Києві в залежності від виду пасажирського транспорту, який вони обслуговують**

Вид пасажирського транспорту	Автобус	Сумісні (автобус, тролейбус)	Маршрутні таксі	Тролейбус
Кількість зупинок маршрутного транспорту, од	1383	556	555	335

Зупинка маршрутного транспорту є основним елементом транспортної інфраструктури міста транспортно-громадського призначення, де здійснюється пересадка пасажирів між різними маршрутами одного виду транспорту та іншими видами міського пасажирського транспорту, а також відбувається попутне обслуговування пасажирів об'єктами соціальної інфраструктури.

Місце розміщення зупинок маршрутного транспорту впливає на пропускну спроможність всієї ділянки вулиці та безпеку руху на ній, а також спричиняє збільшення втрат часу та затримки автомобільного та громадського транспорту.

На основі проведеного аналізу відповідно до функціональних особливостей зупинок маршрутного транспорту та характеристик маршрутних транспортних засобів складена класифікація (рис. 1).



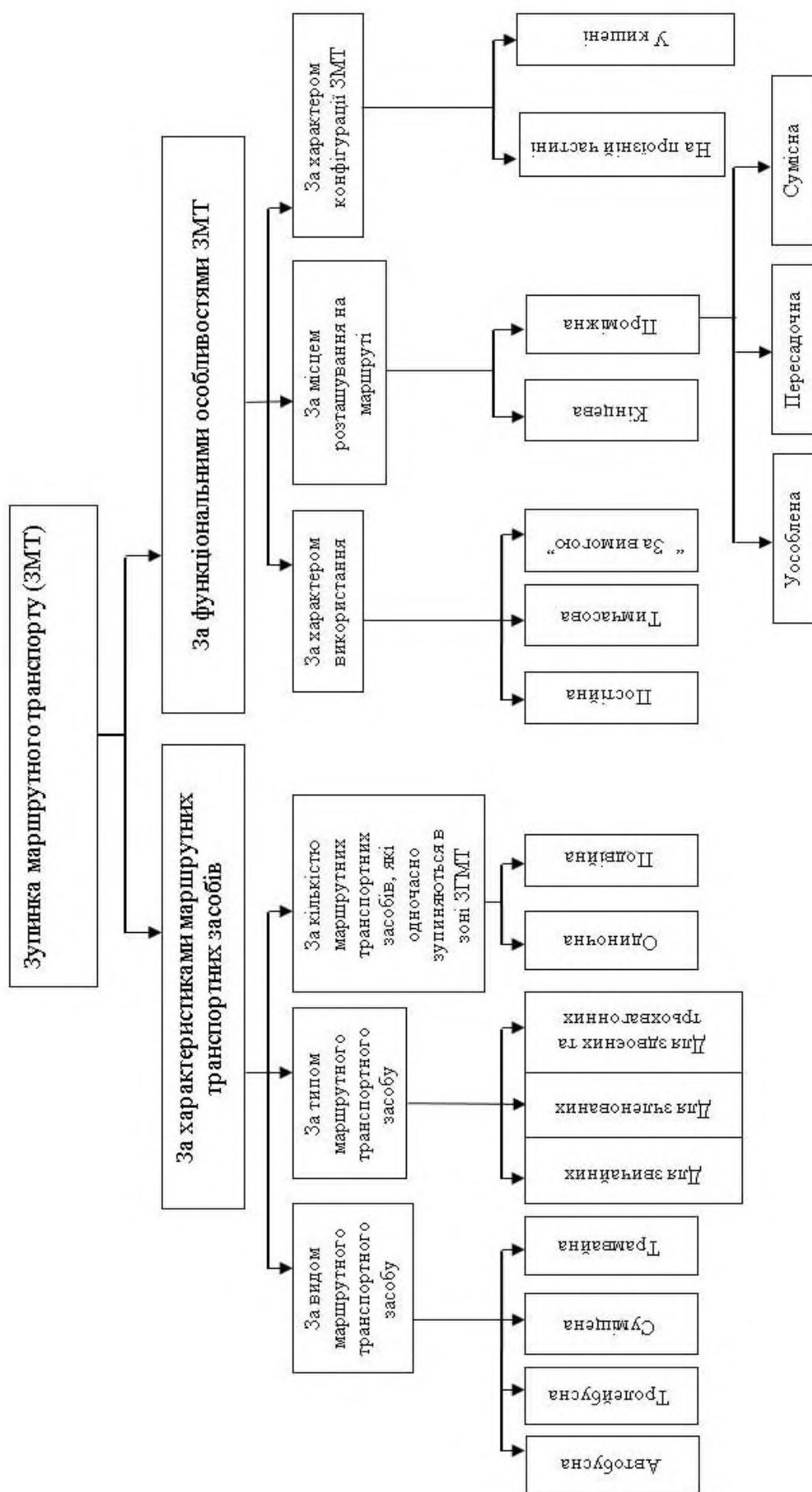


Рис. 1. Класифікація зупинок маршрутного транспорту

На визначення форми ЗМТ на міських вулицях значний вплив мають геометричні характеристики існуючої вулиці та величина інтенсивності транспортного та пасажирського потоків. Вибір ефективно доцільного планувального рішення зупинки громадського транспорту дозволить мінімізувати витрати часу на під'їзд, виїзд, перебування на зупинці, покращити умови обслуговування пасажирів та збільшити пропускну спроможність всієї вуличної мережі міста.

У другому розділі «**Особливості руху транспортних потоків в зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту**» проаналізовано методи, які дозволяють забезпечити належну пропускну спроможність ЗМТ, враховуючи різноманітні фактори, які тісно пов'язані з часом обслуговування пасажирських транспортних засобів на зупинці та вплив пішохідних й пасажирських потоків на інженерно-планувальну організацію ЗМТ.

Необхідно відзначити, що пропускну спроможність магістральної вулиці значно залежить від пропускну спроможності лінії пасажирського транспорту, а пропускну спроможність лінії пасажирського транспорту – від пропускну спроможності зупинки маршрутного транспорту.

Пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту розраховується відповідно до схеми транспортної ситуації, зображеної на рис. 2.

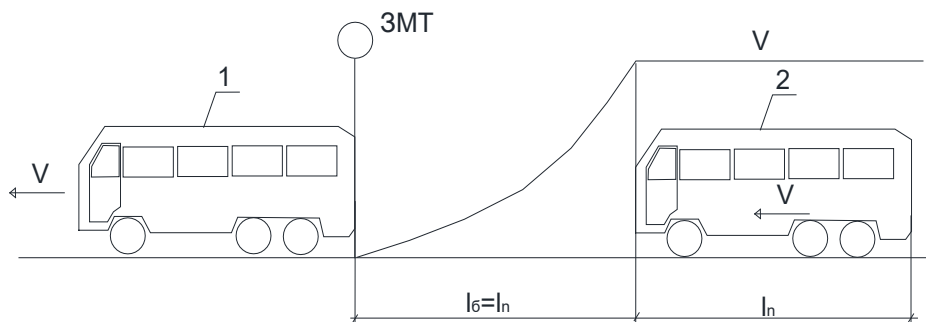


Рис. 2. Розрахункова схема визначення пропускну спроможності зупинки маршрутного транспорту:  $l_b$  – відстань безпеки;  $l_n$  – довжина пасажирського транспортного засобу

Інтервал часу  $t_{i.xb}$  між транспортними засобами, які проїжджають зупинку маршрутного транспорту з обслуговуванням пасажирів відповідно до цієї схеми, складається з:

1. Часу  $t_r$  (с), який витрачається на гальмування з уповільненням руху  $a_r$ :

$$t_r = \sqrt{2l_n/a_r}, \quad (1)$$

де  $t_r$  – час гальмування;  $a_r$  – уповільнення руху.

2. Час  $t_{вд}$  (с) відчинення дверей ( $t_{вд} = 1,5-2$  с).

3. Час  $t_{nb}$  (с) технічного простою, пов'язаний з посадкою та висадкою пасажирів:

$$t_{nb} = \rho_{оп} m_p t_{пас} k_{нд}/n, \quad (2)$$

де  $\rho_{оп}$  – середньогодинний коефіцієнт пасажирообміну зупинки маршрутного транспорту, який показує, яку частину розрахункової місткості складають вхідні та вихідні пасажирів, визначається за формулою 3;  $m_p$  – провізна спроможність транспортного засобу, пас.;  $t_{пас}$  – час, який витрачається на посадку та висадку одного пасажирів, приймається  $t_{пас} = 0,9 - 1,2$  с;  $k_{нд}$  – коефіцієнт нерівномірності посадки та

висадки пасажирів по дверях транспортного засобу, приймається  $k_{нд} = 1,2$ ;  $n$  – кількість дверей для входу та виходу з транспортного засобу.

$$\rho_{оп} = R_{оп}/N_{МТЗ}m_p, \quad (3)$$

де  $R_{оп}$  – пасажирообіг зупинки маршрутного транспорту, визначається за формулою 4;  $N_{МТЗ}$  – інтенсивність руху через зупинку маршрутного транспорту пасажирських транспортних засобів, авт./год;

$$R_{оп} = (A_{вх} + A_{вих})/T, \quad (4)$$

де  $A_{вх}$ ,  $A_{вих}$  – кількість пасажирів, які входять та виходять із транспортного засобу на зупинці маршрутного транспорту за одиницю часу;  $T$  – період спостереження.

4. Час  $t_{зд} = 2 - 3$  с, який витрачається на закриття дверей транспортного засобу після закінчення посадки та висадки пасажирів.

5. Час  $t_{зв}$ , який витрачається на звільнення зупинкового майданчика, з прискоренням  $a_n$ :

$$t_{зв} = \sqrt{2l_n/a_n}, \quad (5)$$

де  $a_n$  – прискорення.

Мінімальний інтервал часу між транспортними засобами, які проїжджають через зупинку маршрутного транспорту, визначається:

$$t_{i.xb} = t_{г} + t_{вд} + t_{nb} + t_{зд} + t_{зв}, \quad (6)$$

де  $t_{i.xb}$  – мінімальний інтервал часу між транспортними засобами.

Пропускна спроможність зупинки маршрутного транспорту:

$$P_{ЗМТ} = \frac{3600}{t_{i.xb}}, \quad (7)$$

де  $P_{ЗМТ}$  – пропускна спроможність зупинки.

Проведений аналіз показав, що час обслуговування залежить від інтенсивності вхідних потоків маршрутних транспортних засобів й транспортного потоку, параметрів ЗМТ та вулично-дорожньої мережі, пасажирообігу.

Крім того, аналіз дав можливість зробити висновок, що довжина посадкового майданчика залежить від довжини зупинкового майданчика, а його ширина визначається величиною пасажирообігу зупинки та часом очікування пасажирами маршрутних транспортних засобів.

На основі аналізу літературних джерел та результатів натурного спостереження за рухом транспортних засобів на магістральних вулицях міста Києва необхідно відмітити, що крім типу ЗМТ важливе значення на визначення місця зупинки на ній маршрутного пасажирського транспорту мають можливості маневру (заїзду, об'їзду або обгону).

Використовуючи отримані результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, визначені учасники вуличного руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, до яких можна віднести такі три групи людей: водії, пасажири, пішоходи

На основі проведеного аналізу ситуацій впливу та зв'язку між учасниками вуличного руху в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту, можна створити схему взаємозв'язків і потенційних конфліктів (рис. 2). Це дозволить краще зрозуміти та конкретизувати умови поведінки людей, враховуючи їхні потреби та дії.

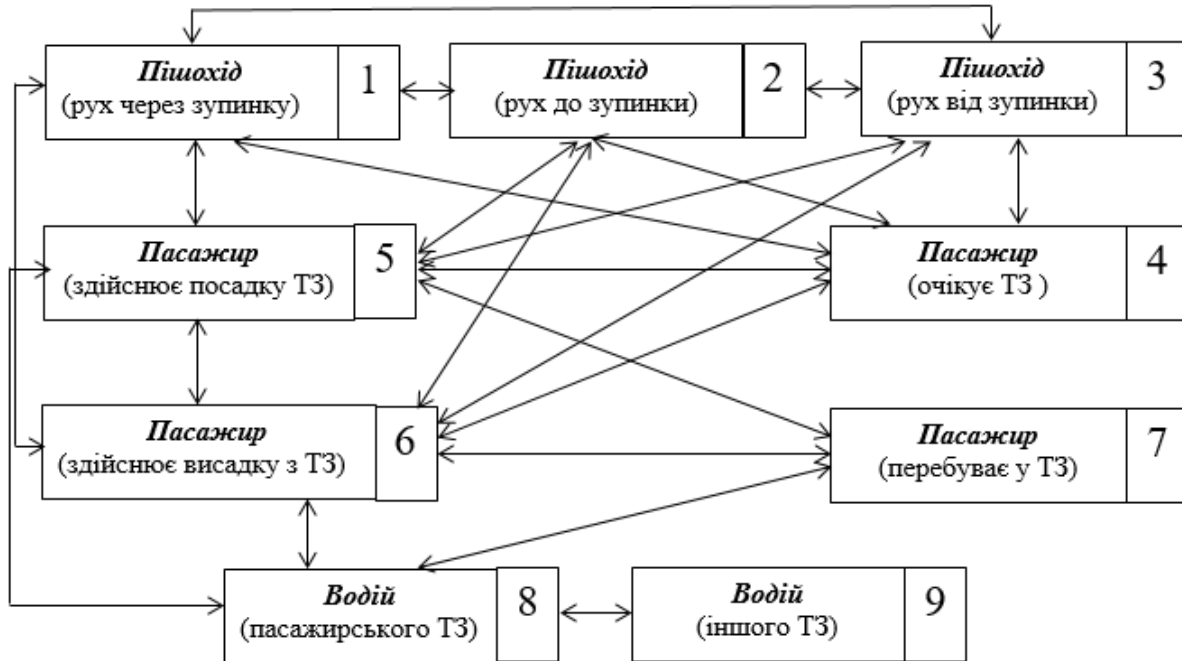


Рис. 2. Схема зв'язку між учасниками руху у зоні впливу зупинки маршрутного транспорту

Математична модель зв'язку між учасниками руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту враховує взаємодію між різними типами учасників руху.

Для зручності введемо наступні позначення:  $R_1$  – пішохід, який рухається через зупинку,  $R_2$  – пішохід, який рухається до зупинки,  $R_3$  – пішохід, який рухається від зупинки,  $P_4$  – пасажир, який очікує транспортний засіб,  $P_5$  – пасажир, який здійснює посадку у транспортний засіб,  $P_6$  – пасажир, який здійснює висадку із транспортного засобу,  $P_7$  – пасажир, який перебуває у транспортному засобі,  $D_1$  – водій пасажирського транспортного засобу,  $D_2$  – водій іншого транспортного засобу.

Взаємодії між цими учасниками описується системою рівнянь, яка враховує вплив кожного типу учасника на інших:

$$\left. \begin{aligned}
 W_{R_1} &= \alpha_{11}R_1 + \alpha_{12}R_2 + \alpha_{13}R_3 + \alpha_{14}P_4 + \alpha_{15}P_5 + \alpha_{16}P_6 \\
 W_{R_2} &= \alpha_{21}R_1 + \alpha_{22}R_2 + \alpha_{23}R_3 + \alpha_{24}P_4 + \alpha_{25}P_5 + \alpha_{26}P_6 \\
 W_{R_3} &= \alpha_{31}R_1 + \alpha_{32}R_2 + \alpha_{33}R_3 + \alpha_{34}P_4 + \alpha_{35}P_5 + \alpha_{36}P_6 \\
 W_{P_4} &= \alpha_{41}R_1 + \alpha_{42}R_2 + \alpha_{43}R_3 + \alpha_{44}P_4 + \alpha_{45}P_5 + \alpha_{46}P_6 \\
 W_{P_5} &= \alpha_{51}R_1 + \alpha_{52}R_2 + \alpha_{53}R_3 + \alpha_{54}P_4 + \alpha_{55}P_5 + \alpha_{56}P_6 \\
 W_{P_6} &= \alpha_{61}R_1 + \alpha_{62}R_2 + \alpha_{63}R_3 + \alpha_{64}P_4 + \alpha_{65}P_5 + \alpha_{66}P_6 \\
 W_{P_7} &= \alpha_{71}P_7 + \alpha_{72}P_5 + \alpha_{73}P_6 + \alpha_{74}D_1 \\
 W_{D_1} &= \alpha_{81}D_1 + \alpha_{82}P_7 + \alpha_{83}P_5 + \alpha_{84}P_6 + \alpha_{85}D_2 \\
 W_{D_2} &= \alpha_{91}D_1 + \alpha_{92}D_2
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

де  $\alpha_{ij}$  – коефіцієнт впливу учасника  $j$  на учасника  $i$ .

Проведений аналіз впливу пішохідних і пасажирських потоків на функціонування зупинок маршрутного транспорту дає можливість говорити про необхідність обов'язкового врахування обсягу вхідних і вихідних потоків з пасажирського транспортного засобу при проєктуванні зупинок маршрутного транспорту та удосконаленні їх інженерно-планувальної організації.

У третьому розділі «**Експериментальні дослідження закономірностей руху транспортних засобів та людей в зоні розміщення зупинки маршрутного транспорту**» на основі даних, отриманих під час проведення обстеження, встановлено вплив транспортного потоку, витрат часу маршрутним пасажирським транспортом, спричинених взаємними перешкодами між ними та затрати часу при обслуговуванні пасажирів на пропускну спроможність зупинки маршрутного транспорту.

Для виконання відповідного аналізу та встановлення закономірностей і особливостей функціонування зупинок маршрутного транспорту було виконане обстеження 221 зупинки на вулично-дорожній мережі міста Києва.

З метою встановлення закономірностей розподілення транспортних засобів по смугах руху на магістральних вулицях міста Києва, нами були проведені натурні обстеження транспортних потоків у місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту.

Головним завданням проведеного експерименту було визначення закономірностей розподілення транспортних засобів по смугах руху в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту, враховуючи кількість смуг руху на проїзній частині вулиці.

Обстеження проводилися на магістральних вулицях Києва з чотирма, трьома та двома смугами руху в одному напрямку, з урахуванням наявності або відсутності заїзної кишені на зупинках маршрутного транспорту та кількості маршрутів, що перевищує п'ять.

Опрацьовані результати спостережень дозволили виявити певні особливості та закономірності впливу пасажирського транспорту на ЗМТ і транспортний потік, що рухається вздовж вулиці (рис. 3).

Проведенні спостереження щодо завантаження проїзної частини транспортом показали, що при наявності пасажирського транспорту в потоці, який в більшій мірі здійснює рух в крайній правій смузі, викликає небажання водіїв легкових автомобілів здійснювати рух цією смугою.

Використовуючи дані обстежень вулиць Києва, проаналізовано залежність коефіцієнти смуговості  $k_c$  від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту на міських магістральних вулицях для ділянок з різною кількістю смуг руху, враховуючи наявність зупинок маршрутного транспорту, які мають заїзну кишеню чи без неї (рис. 4).

На основі експериментальних даних було встановлено, що для вулиці з облаштованою заїзною кишенею коефіцієнт смуговості  $k_c$  залежить від інтенсивності руху згідно з рівнянням:

$$k_c = 0,0004N_{\text{МТЗ}}^2 + 0,0082N_{\text{МТЗ}} + 1,28, \quad (9)$$

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

Висока кореляція між змінними підтверджується коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,924$ .

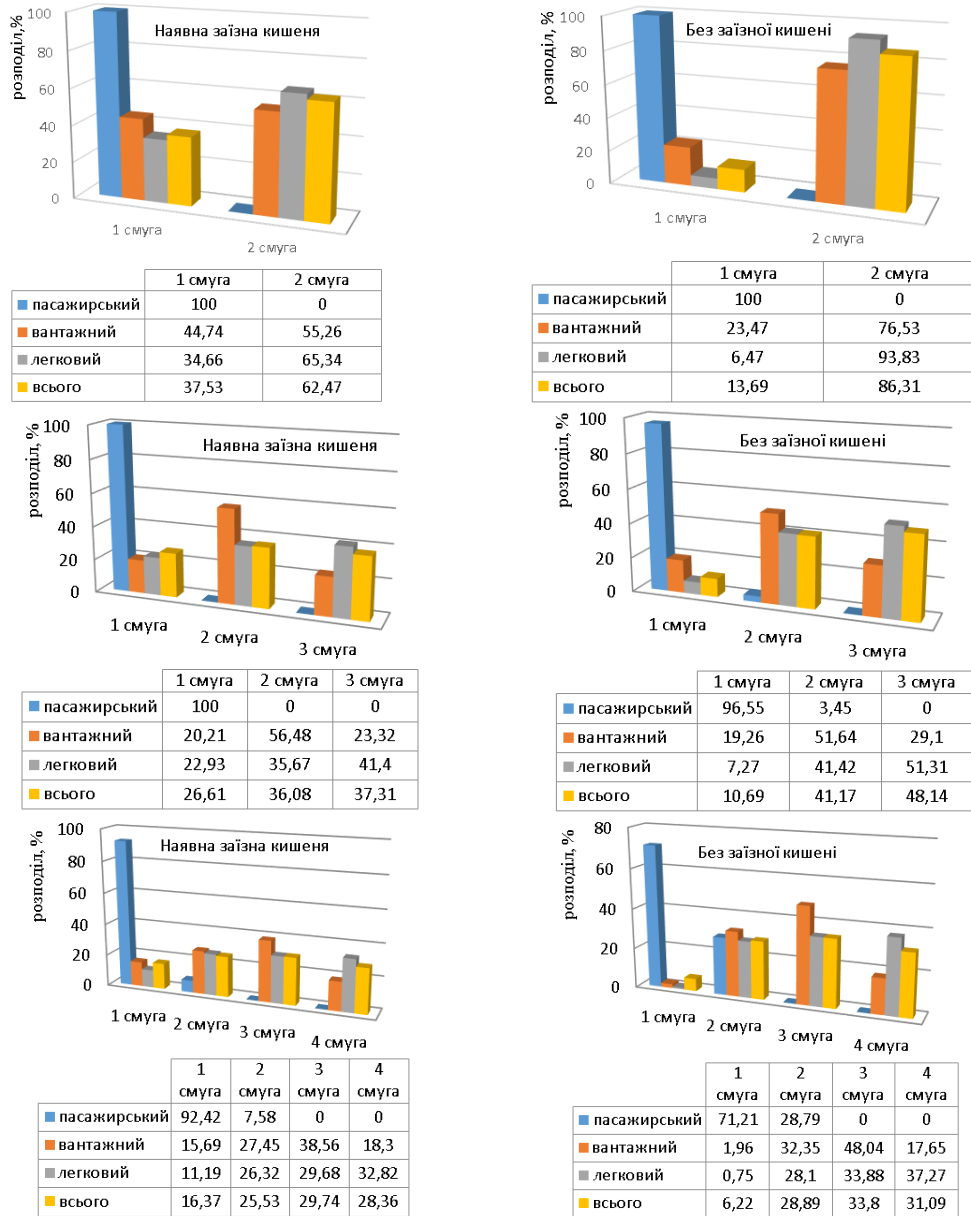
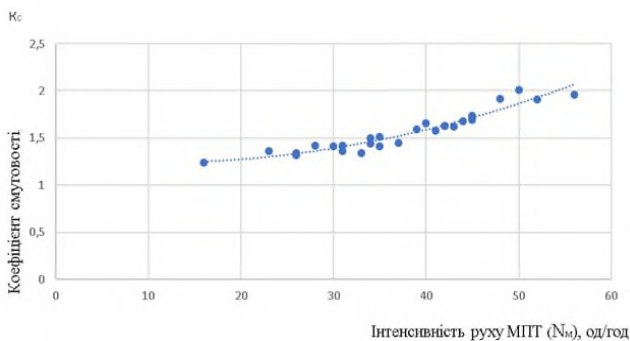
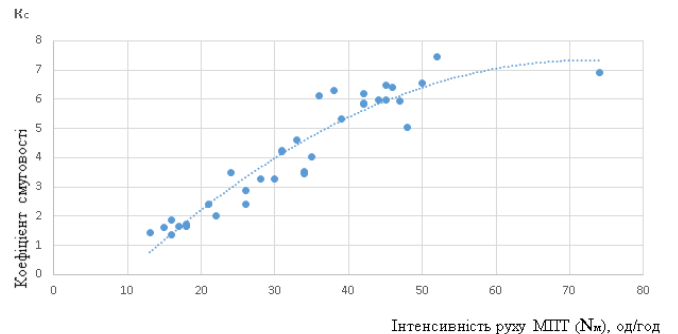


Рис. 3. Діаграми розподілення транспортних засобів по смугах руху на магістральних вулицях у місті Києві



а



б

Рис. 4. Залежність коефіцієнту смуговості  $k_c$  (для другої смуги руху) від інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту через зупинку: а – облаштовану кишенею; б – без кишені

Аналогічний аналіз був проведений для вулиць, де зупинки не обладнані кишенею. В такому випадку рівняння має вигляд (10), а коефіцієнт детермінації складає  $R^2 = 0,901$ .

$$k_c = -0,0019N_{MTЗ}^2 + 0,2708N_{MTЗ} - 2,4476. \quad (10)$$

Для проведення аналізу та встановлення закономірностей і особливостей перебування маршрутного транспорту на зупинці, нами були встановлені показники середніх витрат часу, які потрібні пасажирському транспорту: для заїзду на зупинку, перебування на самій зупинці для очікування та обслуговування пасажирів і час виїзду із зупинку.

Визначено, що час перебування транспортного засобу на зупинці складається з основного часу (необхідного для заїзду, виїзду та стоянки) та надлишкового часу, який визначає конфліктність між транспортними засобами на зупинці.

Проведено аналіз залежності часу конфліктності ( $t_{\text{конф}}$ ) від часу перебування ( $t_{\text{ст зуп}}$ ) транспортних засобів на зупинці, що дозволило встановити регресійні моделі для різної кількості транспортних засобів на зупинці, як з кишенею, так і без неї (відповідно рис. 5, табл. 2 та рис. 6, табл. 3).

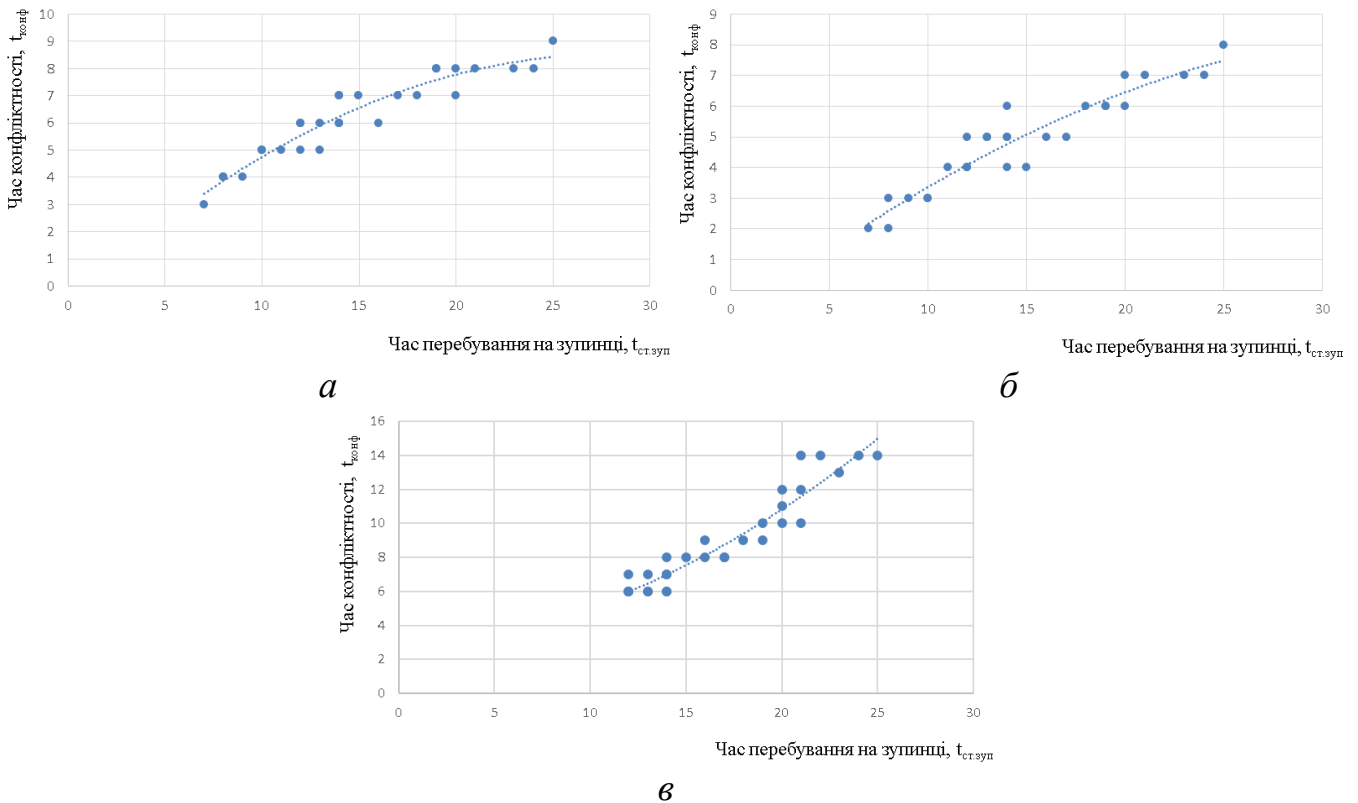
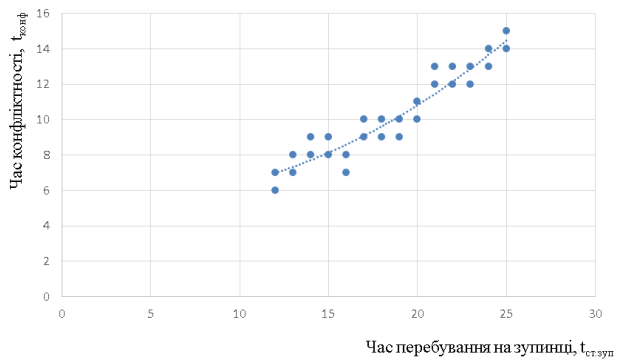


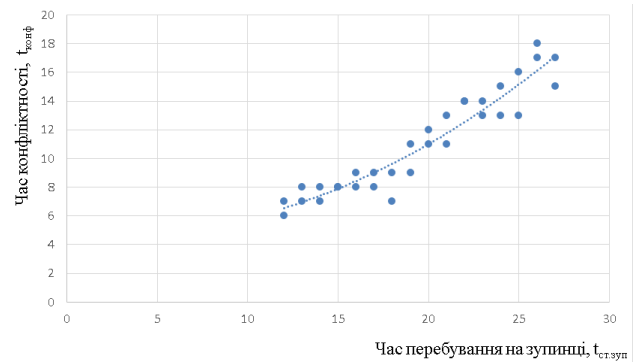
Рис. 5. Залежність витрат часу ( $t_{\text{конф}}$ ) від часу перебування на зупинці ( $t_{\text{ст зуп}}$ ) маршрутного транспорту з кишенею одночасно:  
а – двох пасажирських транспортних засобів (ПТЗ); б – трьох ПТЗ; в – чотирьох ПТЗ

Результати аналізу витрат часу  $t_{\text{конф}}$  на ЗМТ з кишенею

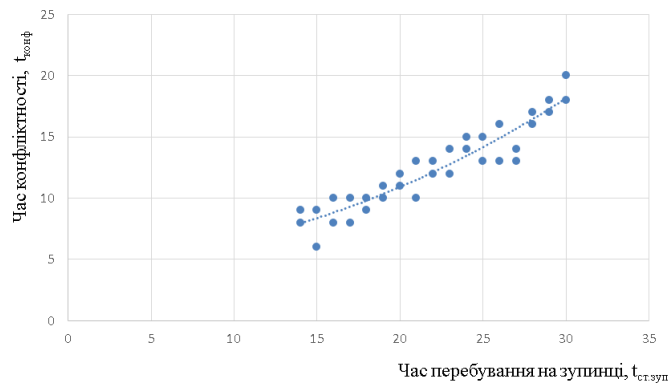
Кількість МТЗ на ЗМТ	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
Два	$t_{\text{конф}} = -0,012t_{\text{стзуп}}^2 + 0,651t_{\text{стзуп}} - 0,606$	0,908
Три	$t_{\text{конф}} = -0,007t_{\text{стзуп}}^2 + 0,51t_{\text{стзуп}} - 1,065$	0,892
Чотири	$t_{\text{конф}} = 0,018t_{\text{стзуп}}^2 + 0,04t_{\text{стзуп}} + 2,98$	0,900



а



б



в

Рис. 6. Залежність витрат часу ( $t_{\text{конф}}$ ) від часу перебування на зупинці ( $t_{\text{стзуп}}$ ) маршрутного транспорту без кишенею одночасно:

а – двох пасажирських транспортних засобів (МТЗ); б – трьох МТЗ; в – чотирьох МТЗ

Результати аналізу витрат часу  $t_{\text{конф}}$  на ЗМТ без кишені

Кількість МТЗ на ЗМТ	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
Два	$t_{\text{конф}} = 0,0192t_{\text{стзуп}}^2 + 0,136t_{\text{стзуп}} + 5,831$	0,907
Три	$t_{\text{конф}} = 0,021t_{\text{стзуп}}^2 + 0,124t_{\text{стзуп}} + 4,98$	0,902
Чотири	$t_{\text{конф}} = 0,0148t_{\text{стзуп}}^2 + 0,009t_{\text{стзуп}} + 5,04$	0,881

Дослідження затрат часу на обслуговування пасажирів проводилися на 84-х маршрутах пасажирського транспорту у місті Києві. Час для проведення спостережень приймався у найбільш завантажені пасажирами години доби та дні тижня.

Результати дослідження підтвердили, що час стоянки транспорту на зупинці визначається не лише процесом входу та виходу пасажирів, але й часом, який транс-



портний засіб витрачає на очікування потенційних пасажирів, що може призвести до затримок інших транспортних засобів.

Проведений регресійний аналіз показав лінійну залежність між кількістю пасажирів, що входять та виходять із транспортного засобу, та часом його стоянки на зупинці (табл. 4).

Таблиця 4

**Регресійні моделі між часом стоянки транспортного засобу на зупинці та кількості пасажирів, які входять та виходять**

Тип пасажирського транспортного засобу	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
Автобус малий та середній	$t_{ст} = 1,7839N_{пас} + 1,3467$	0,9631
Автобус великий та дуже великий	$t_{ст} = 1,079N_{пас} + 3,685$	0,9432
Тролейбус	$t_{ст} = 1,0098N_{пас} + 3,3115$	0,9423

Результати надають можливість краще зрозуміти механізми впливу різних факторів на час стоянки транспортного засобу на зупинці, що дозволить розробити ефективні інженерно-планувальні рішення для оптимізації транспортних потоків у містах.

У розділі чотири «Удосконалення інженерно-планувальних рішень міських зупинок маршрутного транспорту» визначені розрахункові параметри довжини зупинкового майданчика, місце розміщення павільйону зупинки маршрутного пасажирського транспорту та надані рекомендації щодо проектування зупинок на міських вулицях.

Необхідно зазначити, що неефективне використання місць стоянки маршрутного транспорту при обслуговування пасажирів, обумовлене геометричною різноманітністю пасажирського транспорту, що значно впливає та призводить до збільшення витрат часу при виконанні маневру заїзду, виїзду та визначення місця для стоянки на самій зупинці.

При проектуванні зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях необхідно враховувати технічні характеристики та розміри пасажирських транспортних засобів, які обслуговують пасажирів на зупинках.

Розглянуті умови роботи зупинок маршрутного транспорту за наявності різних видів рухомого складу, дозволило визначити закономірності втрат часу, а також врахувати вплив площі статичного та динамічного габаритів пасажирського транспортного засобу на інженерно-планувальні рішення зупинки громадського транспорту.

Для визначення площі динамічного габариту користуємося формулою:

$$\delta = b(l + t_p v + c v^2 + l_d), \quad (11)$$

де  $b$  – ширина, необхідна для руху пасажирського транспорту, м;  $l$  – довжина пасажирського транспортного засобу, м;  $t_p$  – час реакції водія, с;  $c$  – коефіцієнт гальмування, який залежить від системи гальм, їхнього стану та тертя шин з поверхнею проїзної частини;  $l_d$  – інтервал безпеки між двома транспортними засобами, м;  $v$  – швидкість руху транспортного засобу, м/с.

Площа статичного габариту пасажирського маршрутного транспортного засобу визначається із врахуванням розмірів самого транспортного засобу та необхідного інтервалу безпеки між двома транспортними засобами.

При сучасних підходах до проектування зупинок маршрутного транспорту на вулицях крупних і найкрупніших міст необхідно враховувати не тільки пропускну спроможність зупинок, інтенсивність руху, час перебування транспортного засобу на зупинці, а і вид пасажирського транспортного засобу та його площу статичного габариту.

Площу статичного габариту можна визначити за формулою:

$$s_g = z(l + l_d), \quad (12)$$

де  $z$  – ширина, необхідна для стоянки пасажирського транспорту на зупинці маршрутного транспорту, м;  $l$  – довжина пасажирського транспортного засобу, м;  $l_d$  – відстань між двома пасажирськими транспортними засобами на стоянці, м.

Для удосконалення вимог щодо проектування зупинок маршрутного транспорту на вулицях населених пунктів виникає необхідність введення поняття «розрахунковий пасажирський транспортний засіб» (РПТЗ). **Розрахунковий пасажирський транспортний засіб** – це транспортний засіб, розміри та динамічні якості якого застосовуються при проектуванні зупинок маршрутного транспорту.

Використано метод побудови кумулятивної кривої для оцінки розмірів транспортних засобів та відстані між ними на зупинках. Кумулятивна крива дозволяє візуалізувати розподіл довжин автобусів і тролейбусів, а також відстаней між транспортними засобами на зупинках (рис. 7).

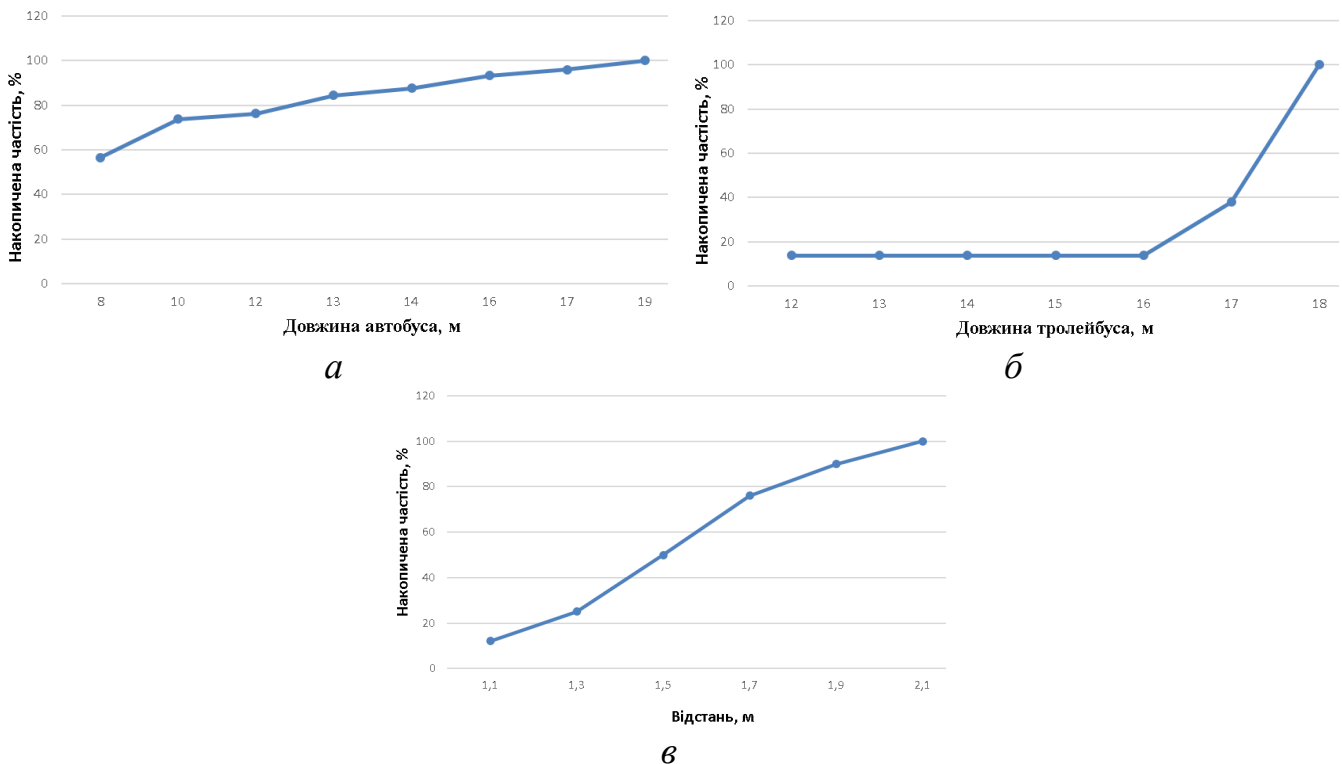


Рис. 7. Кумулятивна крива: а – довжини автобусів; б – довжини тролейбусів; в – відстані між транспортними засобами

Дані кумулятивної кривої показали, що 95 % автобусів та тролейбусів мають довжини, які відповідно не перевищують 16,5 м та до 18 м, а відстань між транспортними засобами – до 1,65 м.

На зупинках маршрутного транспорту, де спостерігається зміщення павільйону на початок та відсутня кишеня для заїзду, часто відбувається явище, при якому транспортний засіб, що зупинявся першим, створює чергу для інших транспортних засобів, які під'їхали відразу за ним, хоча є вільні місце перед ним (рис. 8).

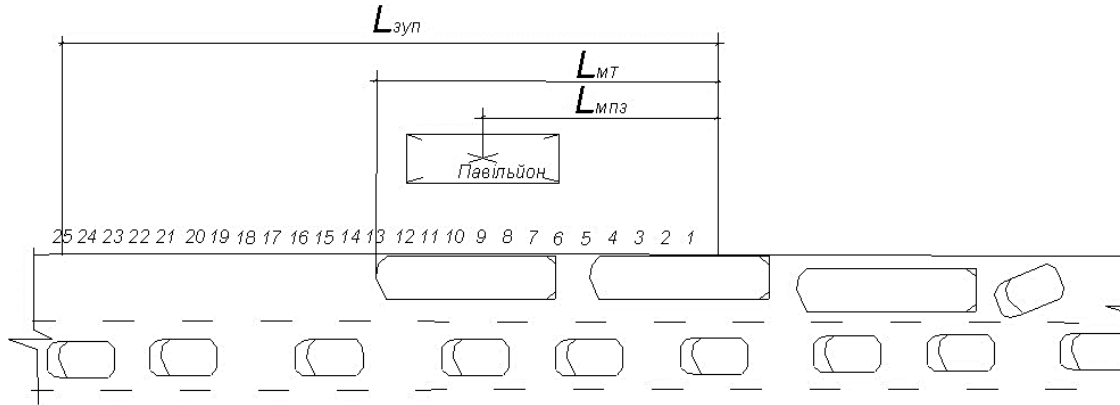


Рис. 8. Розміщення павільйону на зупинці маршрутного транспорту

Результати проведеного експерименту по виявленню впливу місця розміщення павільйону зупинки, на те де саме зупиниться пасажирський транспортний засіб, підтвердили, що між відповідними показниками існує тісний лінійний зв'язок (рис. 6). Це підтверджується отриманим коефіцієнтом детермінації, який має значення 0,8962. На основі отриманих результатів маємо залежність

$$L_{MT} = 0,8262L_{МПЗ} + 1,1723, \quad (13)$$

де  $L_{МПЗ}$  – місце розміщення павільйону на зупинці маршрутного транспорту, м;  $L_{MT}$  – точка зупинки пасажирського маршрутного транспортного засобу, м.

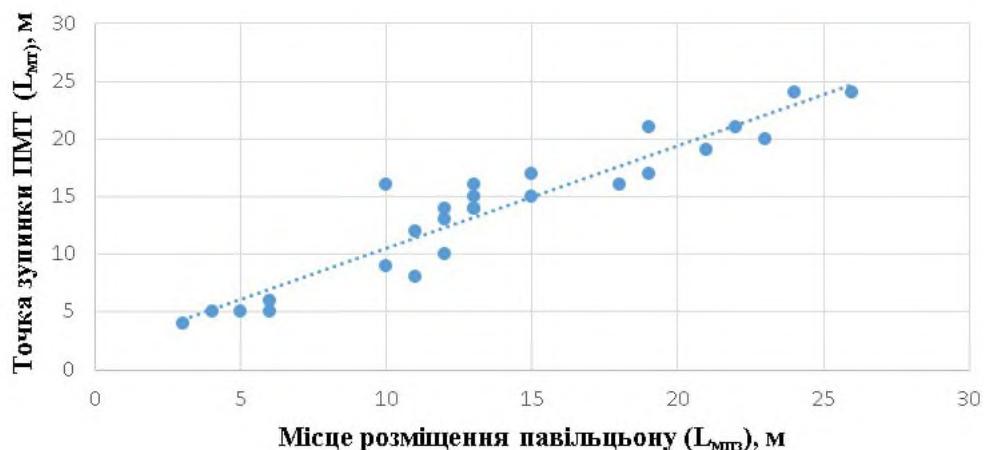


Рис. 9. Залежність точки зупинки пасажирського транспортного засобу від місця розміщення павільйону

Розміщення павільйону на початку або у середині самої зупинки маршрутного транспорту впливає на ефективність її роботи. У результаті чого, частина довжини зупинкового майданчику не використовується в повному обсязі. Для ефективного

використання всієї довжини зупинкового майданчика рекомендується розміщувати павільйон на зупинці маршрутного транспорту на відстані  $3/4$  від початку зупинкового майданчика.

Враховуючи відповідні вимоги та маючи необхідні розрахункові параметри, можна визначити ефективну довжину зупинкового майданчика для пасажирських транспортних засобів одного виду:

$$L_{\text{еф.зуп}} = M_m \times l_{\text{рпгз}} + l_d \times (M_m - 1), \quad (14)$$

де  $L_{\text{еф.зуп}}$  – ефективна довжина зупинкового майданчика на міській зупинці маршрутного транспорту, м;  $M_m$  – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од;  $l_{\text{рпгз}}$  – довжина розрахункового пасажирського транспортного засобу, м;  $l_d$  – відстань між двома пасажирськими транспортними засобами під час їхньої стоянки, м.

Відповідні розрахунки також можна виконати враховуючи умови, що зупинка маршрутного транспорту буде обслуговувати пасажирський транспорт різних видів. Тоді потрібно користуватися формулою:

$$L_{\text{еф.зуп}} = M_m \times \frac{\sum l_{\text{рпгз},i}}{n} + l_d \times (M_m - 1), \quad (15)$$

де  $l_{\text{рпгз},i}$  – довжина розрахункового пасажирського транспортного засобу, що входить у  $i$ -ту комбінацію, м;  $n$  – кількість можливих видів пасажирських транспортних засобів, які обслуговує одна зупинка, од;  $M_m$  – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од.

Виходячи з результатів, які були отримані в наслідок виконаного дослідження в третьому розділі, можна визначити оптимальну кількість місць для стоянки пасажирського транспорту, яку необхідно запроєктувати на зупинці враховуючи її індивідуальні та функціональні особливості.

Звідси

$$M_m = \frac{N_{\text{мтз}} \times t_{\text{заг.вит}}}{3600}, \quad (16)$$

де  $M_m$  – число місць на зупинці для одночасного обслуговування маршрутного транспорту, од;  $N_{\text{мтз}}$  – інтенсивність руху пасажирського транспорту через зупинку маршрутного транспорту, од/год;  $t_{\text{заг.вит}}$  – середній показник загальних витрат часу на перебування пасажирського транспортного засобу на ЗМТ, с.

Тоді,

$$t_{\text{заг.вит}} = t_n + t_{\text{вд}} + t_{\text{зд}} + t_o + t_{\text{ст}} + t_{\text{конф}} + t_{\text{очік}}, \quad (17)$$

де  $t_n$  – час, який витрачається ПТЗ на заїзд до зупинкового майданчика, с;  $t_{\text{вд}}$  – час затрачений на відчинення дверей, с;  $t_{\text{зд}}$  – час затрачений на зачинення дверей, с;  $t_o$  – час, який витрачається на від'їзд від зупинки, с;  $t_{\text{ст}}$  – час стоянки транспортного засобу на ЗМТ витрачений на вхід та вихід пасажирів, с;  $t_{\text{конф}}$  – втрати часу пасажирським транспортом (час простою), які спричинені конфліктністю між ними, с;  $t_{\text{очік}}$  – час очікування пасажирів на зупинці, с.

Раціональне планування зупинок маршрутного транспорту значно поліпшує умови обслуговування людей та зменшує часові витрати тим самим робить громадський пасажирський транспорт більш привабливим для користувачів.

Визначення економічного ефекту від впровадження заходів з інженерно-планувальної організації зупинки маршрутного транспорту вказує, що за один рік можна отримати економію коштів приблизно 590 тис. грн. на одній зупинці.

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У дисертації наведене теоретичне узагальнення й нове вирішення наукової задачі.

У результаті проведеного дослідження отримані наступні результати, які в своїй сукупності свідчать про досягнення поставленої мети та вирішення сформульованих задач дослідження:

1. Основні завдання, поставлені в роботі, дозволили здійснити глибокий аналіз сучасного стану і виявити особливості та закономірності впливу місця розташування та планувального рішення зупинки маршрутного транспорту на рух транспортних потоків і пішоходів. Виявлено, що місце розташування та геометричні параметри зупинок мають значний вплив на загальну пропускну спроможність міських магістральних вулиць.

2. В ході досліджень було встановлено основні фактори, що впливають на пропускну спроможність магістральних вулиць в зоні впливу зупинки маршрутного транспорту. Серед них виділяються геометричні параметри зупинок, потоки транспорту та пішоходів, а також характеристики інфраструктури міської вуличної мережі.

3. У процесі аналізу і узагальнення наукових досліджень було виявлено різноманітні інженерно-планувальні рішення щодо зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях міст. Дані висновки служать основою для подальшого розвитку і вдосконалення інженерної організації міського транспорту та міської вуличної мережі.

4. Комплекс експериментальних досліджень дозволив отримати значущі дані щодо часових витрат транспортними засобами та пасажирями на зупинках маршрутного транспорту та на проїзній частині вулиці в зоні їхнього впливу. Це дало можливість обґрунтувати систему заходів інженерно-планувальної організації зупинок маршрутного транспорту, спрямовану на зменшення витрат часу пасажирів та мінімізацію впливу транспортного потоку на пропускну спроможність зупинки.

5. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації з розрахунку оптимальної довжини зупинки маршрутного транспорту на основі врахування її індивідуальних та функціональних особливостей. Ці рекомендації можуть бути використані для покращення інженерно-планувальної організації міського транспорту та забезпечення комфорту та безпеки для користувачів громадського транспорту.

6. Проведені дослідження є важливими для розвитку міської транспортної інфраструктури та надають підстави для розробки ефективних стратегій та поліпшень у сфері обслуговування пасажирів на зупинках маршрутного транспорту та покращення руху транспортними засобами на усій вуличній мережі міста.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

1. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Аналіз особливостей проектування зупинок громадського пасажирського транспорту на магістральних вулицях. *Наукоємні технології*. 2015. № 3 (27). С. 266–270.
2. Stepanchuk O. V., Bieliatynskiy A. A., Timkina S. Yu. Laws of Transport Congestion on the Road Network Cities. *Proceedings of the National Aviation University*. 2016. № 3(68). P. 74–79.
3. Тімкіна С. Ю. Вплив наземного громадського транспорту на потік насичення і час розосередження черги на вулично-дорожній мережі міста. *Наукоємні технології*. 2016. № 3 (31). С. 299–302.
4. Тімкіна С. Ю. Оцінка транспортно-експлуатаційного стану магістральних вулиць міста Києва. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 1 (15). С. 172–179.
5. Тімкіна С. Ю. Аналіз факторів, що впливають на розміщення та розміри зупинок громадського транспорту. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2016. № 2 (16). С. 127–137.
6. Timkina S., Stepanchuk O., Bieliatynskiy A. The design of the length of the route transport stops' landing pad on streets of the city. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. № 708(1), 012032. P. 1–10. DOI: 10.1088/1757-899x/708/1/012032 (Scopus).
7. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. DOI: 10.32782/2415-8151.2022.26.11.
8. Timkina S. Yu. The effects of traffic flow on the capacity of a route transport stop. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 3. С. 96–102. DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.13>.

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Родюк М. К. Аналіз розташування зупинок громадського транспорту на міських дорогах. АВІА-2013: матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 21–23 трав. 2013 р. Київ, 2013. С. 25.21–25.24.
10. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Кузьменко В. В. Методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. Аеропорти – вікно в майбутнє: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 16–17 трав. 2014 р. Київ, 2014. С. 24–26.
11. Степанчук О. В., Белятинський А. О., Тімкіна С. Ю. Ефективні методи управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі. Архітектура та екологія: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 17–19 листоп. 2014 р. Київ, 2014. С. 265–267.
12. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Дослідження руху маршрутних таксі на вулицях Києва. АВІА-2015: матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 28–29 квіт. 2015 р. Київ, 2015. С. 22.12–22.15.

13. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю. Критерії користування масовим пасажирським транспортом населенням міста. Архітектура та екологія: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 16–18 листоп. 2015 р. Київ, 2015. С. 174–176.

14. Тімкіна С. Ю. Функціонування зупинок маршрутного транспорту в умовах інтенсивного транспортного завантаження вуличної мереж. Архітектура та екологія: матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 12–14 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 178–180.

15. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В., Белятинський А. О. Проектування довжини посадкового майданчика зупинок маршрутного транспорту на міських вулицях. Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. м. Харків, 20–22 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 89–90.

16. Степанчук О. В., Тімкіна С.Ю. Принципи організації руху пішохідних потоків в контактній зоні розміщення зупинок маршрутного транспорту. АВІА-2021: матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 20–22 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 20.23–20.27.

17. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Вишневська А. В., Тімкін І. Ф. Аналіз факторів, що впливають на зменшення викидів автомобільного транспорту в міському середовищі. Проблеми надзвичайних ситуацій: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 20 трав. 2021 р. Харків, 2021. С. 337–339.

18. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Управління транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міст. Авіація в ХХІ столітті – «Безпека в авіації та космічні технології»: матеріали X Всесвіт. конгрес. м. Київ, 28-30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.24–9.1.27.

19. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Шляхи забезпечення привабливості користування громадським пасажирським транспортом. Архітектура та екологія: матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 09–11 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 115–116.

20. Степанчук О. В., Тімкіна С. Ю., Чернишова О. С. Аналіз сучасного стану та проблем автомобілізації в містах України. АВІА-2023: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 18–20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.15–20.19.

21. Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на вибір інженерно-планувальних рішень для організації зупинок маршрутного транспорту. Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. м. Київ, 02 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 94–96.

22. Тімкіна С. Ю. Дослідження розподілення транспортного потоку по смугах руху в зоні зупинки маршрутного транспорту. Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 26–28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 87–89.

## АНОТАЦІЯ

**Тімкіна С. Ю. Інженерно-планувальна організація зупинок маршрутного транспорту на магістральних вулицях крупних міст.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.20 – містобудування та територіальне планування. Національний авіаційний університет, Київ; Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2024.

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

Робота базується на експериментально-теоретичному дослідженні інтенсивності руху транспорту і пішоходів у зоні впливу зупинок маршрутного транспорту.

На основі результатів проведеного дослідження, було рекомендовано під час проектування зупинок маршрутного транспорту враховувати технічні характеристики транспортних засобів, а також статичний та динамічний габарити транспортних засобів для оптимізації роботи зупинок й підвищення ефективності функціонування громадського транспорту.

*Ключові слова:* місто, магістральна вулиця, інженерно-планувальна організація, пасажирський транспорт, транспортний потік, пропускна спроможність, пішохідний потік, організація руху, смуга руху, пасажир, зупинка маршрутного транспорту.

## ABSTRACT

**Svitlana Timkina. The engineering and planning organization of route transport stops on major streets in large cities.** – Manuscript copyright.

The thesis is submitted for the degree of Candidate of Technical Science (Ph.D) in Specialty 05.23.20 – “Urban and territorial planning”, – National Aviation University, Kyiv; Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2024.

The thesis aims to increase the carrying capacity of route transport stops (RTS) and improve the conditions of traffic flow on the major streets in large Ukrainian cities by improving the engineering and planning organization of the RTS.

The study centers on theoretical investigations that enable the resolution of issues related to the increased loading of route transport stops and the route network, which are associated with substantial traffic flows within the influence zone of a transport stop. The intensity of traffic and pedestrian movement within the influence zone of a transport stop is investigated through experimental and theoretical methods.

The study considers the classification and features of the placement of route transport stops depending on their functional features and characteristics of route vehicles. It also investigates the types of route transport stops, the shapes of which are influenced by the geometric characteristics of existing streets, and the intensity of traffic flow and passenger flow.

An analysis of the factors that influence the engineering and planning decisions of route transport stops was carried out. This analysis made it possible to establish a significant influence on the functioning of the street and road network (SRN) of the city, which consists of numerous interrelated factors divided into permanent, variable and organizational.



The main factors that influence the adoption of the optimal engineering and planning organization of route transport stops can be determined based on the analysis made in the thesis. These factors are: street category (number of traffic lanes and lane width); traffic intensity (the most characteristic mode of traffic flow on this section of the street); the composition of the traffic flow; capacity of a route transport stop; the main type of route vehicle; the number of routes serving a specific RTS; the number of passenger vehicles scheduled for stop service during the hour; passenger traffic at the busiest time for the corresponding stop; the intensity of pedestrian or cyclist traffic through the stop.

The author has shown that increasing the length of service provided by route vehicles at city stops leads to a decrease in the carrying capacity of the stop itself and of the entire section of the main street's carriageway. The examination of scientific publications revealed that the duration of the service is greatly affected by the frequency of public transport arrivals, the frequency of traffic movements, the parameters of transport stops, the street and road network, and passenger traffic. By altering the pertinent parameters, which are contingent upon the type of route transport stop, it is feasible to attain the optimal capacity for the entire section of the main street within the zone of influence of the RTS.

The paper looks at how pedestrian flows moving down the street on the sidewalk and people getting on and off public passenger transport or waiting for it influence each other.

We considered the regularities of the formation of pedestrian flows: the majority of pedestrian flows are deliberate, with a goal of attraction; pedestrians choose the shortest route; pedestrians move at their own pace, taking into account age, gender, situation, etc.; pedestrians are separated from each other by a certain distance that depend on the density of the pedestrian flow and their speed.

The research and analysis indicated that how pedestrians move in the area where the bus stop is located is based on providing paths for walking along the streets outside the stop, having stop sites and interchanges for passengers, and having complicated ways for people to move to RTS and the landing site itself.

The obtained results of the theoretical and experimental studies were used to create a model of influence and communication between street traffic participants in the area of the RTS. Street traffic in the RTS zone of influence can be attributed to three groups of people: drivers, passengers, and pedestrians.

It has been established that the study of the patterns of human movement and pedestrian flows will allow ensuring the effective design of route transport stops located on the major streets of cities. This will help determine the optimal geometric dimensions of the landing site, considering the features of disorganized dense pedestrian traffic of all participants.

Coefficients for the distribution of vehicles across the width of the carriageway (lane loading) have been set for the relevant city main streets where the RTS is located, depending on the number of traffic lanes on the carriageway. The loading of traffic lanes on the carriageway part of the street is determined as a percentage of the total traffic intensity in one direction. The influence of the intensity of passenger route transport on the distribution of vehicles on traffic lanes is determined.

Based on the experimental data, it was found out that the lane coefficient depends on how much passenger traffic is routed on the two-lane section of the city main street with and without the stop pocket.

We looked at how much time passengers use while entering and exiting the route transport and how long they wait for it. The results strongly suggested that the time the vehicle is parked at a stop affects how many people use it. Due to the obtained outcomes, it is possible to perform a calculation and a prediction of probable scenarios that may be triggered by the conditions of passenger service at the stop.

The engineering and planning solutions for urban bus stops have been improved, which has allowed for the estimation of the length of the bus stop and the location of the bus stop pavilion.

The author determined that when designing route transport stops, it is necessary to consider the length and width of passenger transport. These factors are important and allow determining the optimal area of the dynamic and static dimensions of the passenger vehicle. This approach makes it possible to consider the peculiarities of the placement of vehicles at route transport stops, depending on the conditions of their operation. This, in turn, will allow optimizing the parameters of passenger drop-off and boarding places, as well as passenger transport parking places, thereby reducing time spent by a vehicle at the stop.

Based on the findings of the research, it was recommended to consider the technical characteristics of vehicles in the design of route transport stops, as well as the static and dynamic dimensions of vehicles, to optimize the operation of stops and enhance the efficacy of public transport.

*Keywords:* city, major street, engineering and planning organization, passenger transport, traffic flow, carrying capacity, pedestrian flow, traffic organization, traffic lane, passenger, route transport stop.