

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Колій Олександр Сергійович



УДК 656.11

**РАЦІОНАЛЬНЕ РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ
АВТОБУСНИХ ТА ТРОЛЕЙБУСНИХ МАРШРУТІВ ВІДНОСНО
РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ**

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Горбачов Петро Федорович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри транспортних систем і логістики.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лобашов Олексій Олегович,
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, професор кафедри транспортних систем і логістики;

кандидат технічних наук,
Ройко Юрій Ярославович,
Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри транспортних технологій.

Захист відбудеться «29» червня 2017 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Автореферат розісланий «27» травня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.П. Смирнов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сьогодні в галузі пасажирських перевезень в містах України одне з найважливіших місць займає організація роботи міського пасажирського транспорту в зоні зупиночних пунктів (ЗП), розташування яких часто не відповідає сучасному рівню інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів (МТЗ) та інших автомобілів. Ця обставина ускладнена тим, що в Україні вже досягнутий достатньо високий рівень автомобілізації, зростання якого не супроводжувалося відповідним розвитком транспортних мереж. Як наслідок, у багатьох містах значно знижена ефективність функціонування транспортної системи та погіршений стан безпеки дорожнього руху. Зважаючи на це ЗП, які розташовані нераціонально, можуть не лише створювати значні перешкоди руху транспортних потоків (ТП) на магістральних вулицях та стати причиною виникнення аварійних ситуацій, а і погіршувати показники часу обслуговування пасажирів МТЗ. З іншого боку існуючі положення стосовно розташування ЗП нормуються відповідно до стандартів дальності пішохідних підходів до найближчої зупинки. При цьому не в повній мірі дослідженими залишаються питання впливу різних параметрів руху ТП в зоні дії ЗП на час виїзду МТЗ з карману зупиночного пункту (КЗП). Що стосується розміщення ЗП відносно перехресть, то в існуючих нормативних документах надаються лише рекомендаційні положення, засновані на апріорних припущеннях. Тому вирішення питань раціонального розташування ЗП є одним з актуальних питань організації пасажирських перевезень.

Дана робота направлена на підвищення ефективності організації дорожнього руху (ОДР) в зоні ЗП і вирішення задачі скорочення часу поїздки пасажирів в маршрутному транспорті.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Визначення раціонального розташування ЗП громадського міського транспорту до чи після регульованих перехресть відповідає Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період і до 2020 року, затвердженій наказом Міністерства транспорту і зв'язки України від 8 січня 2008 року № 7. Дисертаційна робота пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету «Розробка заходів щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту міста Суми», № держреєстрації 0112U004747, особистий внесок автора дисертації полягає у балансуванні сумарних місткостей транспортних районів з прибуття та відправлення пасажирів; «Розробка раціонального варіанту маршрутної мережі міста Кіровоград», № держреєстрації 0112U00692, особистий внесок автора дисертації полягає в удосконаленні методики моделювання попиту на пересування з урахуванням динамічного характеру переміщення пасажирів та транспортних засобах, «Розробка наукових основ та методів удосконалення транспортних систем мегаполісів», № держреєстрації 0111U001503, особистий внесок автора

дисертації полягає в розробці нових підходів до визначення раціонального місця розташування ЗП по відношенню до регульованих перехресть.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є зниження витрат часу поїздки пасажирів в МТЗ автобусних та тролейбусних маршрутів. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати підходи до визначення місця розташування ЗП відносно регульованих перехресть на вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста;
- провести аналітичне моделювання часу затримки відправлення МТЗ з КЗП в потік автомобілів;
- розробити підхід до врахування різних умов функціонування ЗП, що виникають внаслідок довгострокового терміну їх експлуатації;
- оцінити адекватність аналітичних моделей часу затримки відправлення МТЗ з КЗП за допомогою імітаційного експерименту;
- оцінити умови експлуатації ЗП в центральній частині міста (ЦЧМ) Харкова для різного рівня попиту на пересування;
- розробити практичні рекомендації щодо раціонального розміщення ЗП на ділянках ВДМ ЦЧМ Харкова.

Об'єкт дослідження – транспортний процес функціонування автобусного і тролейбусного маршруту на ВДМ міста.

Предмет дослідження – вплив місця розташування ЗП по відношенню до регульованого перехрестя на час затримки відправлення МТЗ з КЗП.

Методи дослідження. Метод натурних спостережень використовувався при визначенні таких параметрів, як щільність стоянки автомобілів, інтенсивність обміну автомобілів на стоянці, а також для визначення основних характеристик руху ТП. Теоретичні основи балансування місткостей транспортних районів (ТР) та визначення раціонального розташування ЗП сформовано з використанням методів формалізації, індукції та теорії ймовірності. Імітаційне моделювання використовувалось при визначенні місткості ТР з прибуття та відправлення автомобілів та оцінці адекватності аналітичних моделей часу затримки відправлення МТЗ з КЗП.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що *вперше*:

- розроблені наукові основи визначення раціонального розташування ЗП відносно регульованих перехресть міських вулиць, за рахунок формалізації часу затримки відправлення МТЗ з КЗП після закінчення посадки та висаджування пасажирів;
- запропоновано новий підхід до формалізації моделі потреб у поїздках на автомобілях, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати змінний характер щільності руху автомобілів на ВДМ.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці:

- методики визначення раціонального місця розташування ЗП відносно регульованих перехресть міських вулиць;
- рекомендацій щодо раціонального розташування окремих ЗП автобусних та тролейбусних маршрутів в ЦЧМ Харкова.

Отримані результати були використані при:

- розробці раціонального варіанту маршрутної мережі м. Кіровоград;
- розробці заходів щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту м. Суми;
- моделюванні попиту населення м. Львова на пересування громадським транспортом.

Практична значимість результатів досліджень підтверджується відповідними актами впровадження на рівні Виконавчих комітетів Сумської, Кіровоградської та Львівської міських рад, методичної ради ХНАДУ.

Особистий внесок здобувача. Усі положення та результати дисертаційної роботи отримані автором особисто і наведені в роботах [1-17]. У наукових роботах, які опубліковані у співавторстві, особистий вклад здобувача полягає в наступному: визначено період доби який відповідає максимальній концентрації прибуття та відправлення автомобілів в ЦЧМ Харкова [1]; запропоновано спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів (ТЗ) до ТР [2, 4, 15, 16]; отримано закономірності розподілу щільності автомобілів, які припарковані, а також визначено завантаження автомобілями ЦЧМ Харкова [3]; запропоновано методику визначення збалансованих місткостей ТР [5, 6, 9, 17]; на основі натурних спостережень визначені залежності прискорення та швидкості руху МТЗ [7, 10]; запропоновано методику визначення часу затримки виїзду МТЗ з КЗП на полосу руху після завершення посадки та висадки пасажирів [8, 10].

Апробація результатів дисертації. Матеріали та результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і були схвалені на:

- 72 – 80-й науково-технічних та науково-методичних конференціях ХНАДУ (м. Харків, 2008 – 2016 рр.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення ОДР та перевезень пасажирів і вантажів» (БНТУ, м. Мінськ, 19 квітня 2012 рр.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні проблеми найкрупніших міст» (ХНАМГ, м. Харків, 12-16 березня 2012 р.);
- 4-й міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (ДААТ, м. Донецьк, 23-25 квітня 2012 р.);
- 8-й всеукраїнських науково-практичних конференціях студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання» (КНТУ, м. Кіровоград, 16-18 квітня 2014 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових роботах, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них 8 статей – у виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз); 2 публікації у закордонних виданнях (з них 1 стаття – у виданні, що включено до бази Scopus); 4 тези у збірниках доповідей на наукових конференціях (з них 1 з міжнародною участю); отримано 1 авторське свідоцтво та 2 патенти.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і дода-

тків. Повний обсяг роботи складає 247 сторінок, у тому числі обсяг основного тексту – 130. Робота ілюстрована 47 рисунками та має 22 таблиці, 21 додаток розміщено на 76 сторінках, список використаних джерел складає 180 найменувань, розміщених на 17 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет та методи досліджень; наведено наукову новизну та розкрито наукове, теоретичне та практичне значення отриманих результатів та напрямки їхнього впровадження.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячений аналізу сучасного стану проблеми визначення раціонального місця розташування ЗП, існуючих методів збору вихідної інформації стосовно характеристик ТП та сучасних методів моделювання руху ТП на макро та мікро рівнях.

У якості методичної основи в дисертаційному дослідженні використовувались наукові роботи Афанасьєва Л.Л., Варелопуло Г.А., Горбачова П.Ф., Гудкова В.О., Дімової І.П., Долі В.К., Дрю Д., Єрмак О.М., Єфремова І.С., Зедгенізова А.В., Кажаяєва А.О., Калюжного М.В., Кобозєва В.М., Кузькіна О.Ф., Лобанова Є.М., Лобашова О.О., Міротіна Л.Б., Ренкіна В.У., Самойлова Д.С., Спіріна І.В., Швецова В.І., Юдіна В.О., Lohse D., Ortuzar J.D. та інших науковців.

Аналіз підходів і методів до визначення раціонального місця розташування ЗП показав, що вони в основному ґрунтуються на цілях мінімізації витрат часу на пересування пасажирів або максимізації продуктивності функціонування транспортних систем. При цьому питанню визначення часу затримки виїзду МТЗ з ЗП після закінчення посадки та висадки пасажирів приділяється дуже мало уваги. На цей час існують лише регресійні моделі, які не можуть претендувати на загальність та їх використання при транспортному плануванні потребує схожих умов функціонування з об'єктом, на якому були зібрані статистичні данні. Проведений аналіз дозволив визначити напрямки основних досліджень, а саме: оцінка впливу параметрів транспортного потоку та місця розташування ЗП на час затримки виїзду МТЗ з КЗП в зоні дії регульованого перехрестя.

У **другому розділі** дисертаційної формалізовано об'єкт дослідження, розроблено аналітичні моделі визначення часу затримки виїзду МТЗ з КЗП та розроблені теоретичні основи моделювання місткостей транспортних районів з прибуття та відправлення автомобілів в умовах інтенсивного обміну ТП району моделювання з його оточенням.

Раціональним варіантом розташування ЗП по відношенню до регульованого перехрестя в дослідженні вважається таке місце, яке забезпечує мінімум витрат часу на затримку виїзду МТЗ з КЗП, з урахуванням впливу на нього ТП

$$T_3 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де T_3 – час затримки виїзду МТЗ з КЗП, який розташовано до або після перехрестя, с.

При виїзді МТЗ з КЗП в залежності від розташування ЗП до чи після регульованого перехрестя можливі декілька варіантів ситуації на дорозі, рис. 1.

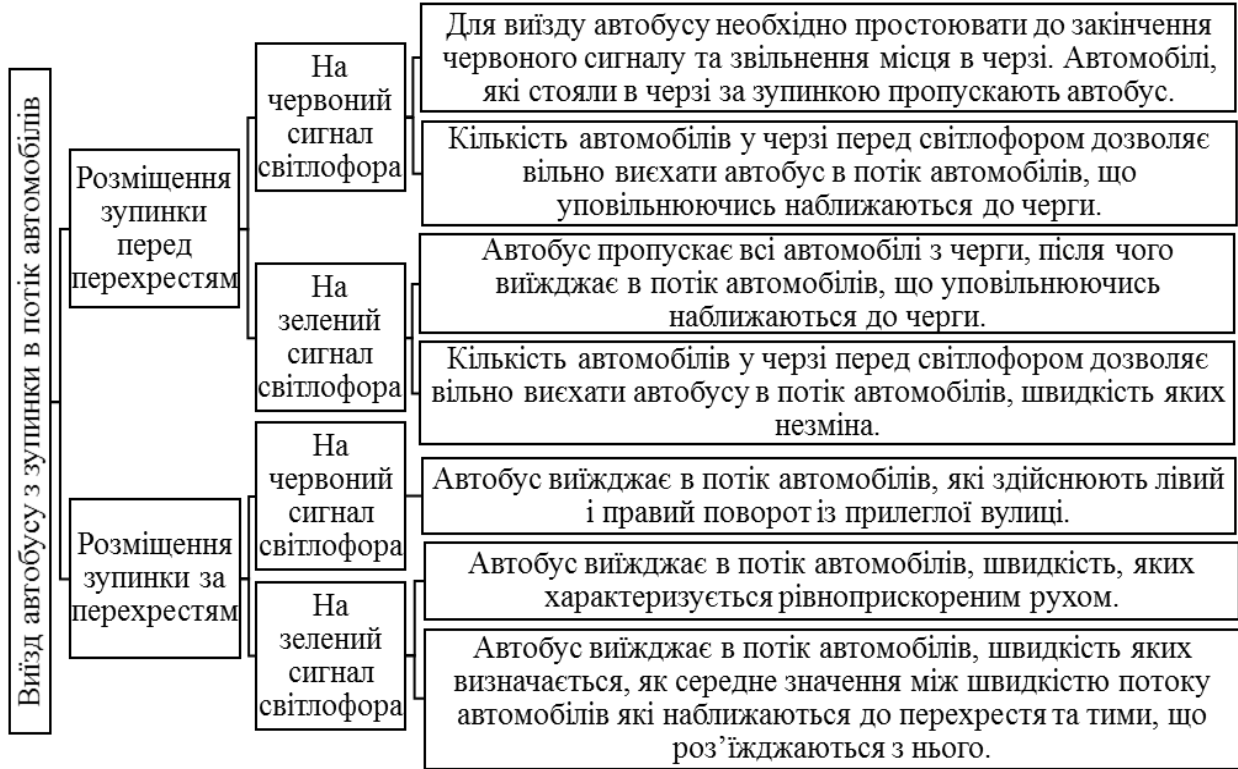


Рисунок 1 – Можливі варіанти дорожньої ситуації при виїзді МТЗ з КЗП

Математичне сподівання часу затримки виїзду МТЗ з КЗП, який розташовано до перехрестя визначається наступним чином:

$$\bar{T}_d = \frac{t_u}{t_u} \left\{ P_{k \geq n} \left[\frac{t_u}{2} + t_p(n) \right] + \sum_{k=0}^{n-1} P_k \cdot \bar{t}_u(V_u, \lambda) \right\} + \frac{t_3}{t_u} \left\{ P_{k \geq n} \cdot (k \cdot \Delta t + (k - n) \cdot \Delta t + \bar{t}_3(V_3(n-1), \lambda)) + \sum_{k=0}^{n-1} P_k \cdot \bar{t}_3(V_3(k), \lambda) \right\}, \quad (2)$$

де t_u – час такту червоного сигналу світлофора, с;

t_u – час циклу світлофора, с;

$t_p(n)$ – середній час звільнення автомобілем місця в черзі, с;

\bar{t}_u, \bar{t}_3 – математичне сподівання затримки виїзду МТЗ з КЗП на червоне та зелене світло світлофора, с;

V_u – швидкість ТП на червоний сигнал світлофора, м/с;

t_3 – час такту зеленого сигналу світлофора, с;

Δt – час звільнення одним автомобілем свого місця в черзі, с;

λ – інтенсивність потоку автомобілів, од./с;

$V_s(n-1)$ – швидкість ТП з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю $(n-1)$ автомобілів, яка почала рух на зелений сигнал, м/с;

$V_s(k)$ – швидкість ТП з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю (k) автомобілів, яка почала рух на зелений сигнал, м/с;

$P_{k \geq n}$ – імовірність того, що всі місця перед світлофором до ЗП зайняті;

P_k – імовірність того, що в черзі буде k автомобілів при цьому кількість вільних місць буде рівно $n - k$ при $k < n$;

n – кількість місць для зупинки від світлофора до ЗП під час червоного сигналу світлофора, од.;

k – кількість автомобілів у черзі на червоний сигнал, од.

Математичне сподівання часу затримки виїзду МТЗ з КЗП, який розташовано за перехрестям дорівнює

$$\bar{T}_3 = \frac{t_3}{t_4} \left\{ \sum_{K_0=0}^{K_0} P_k \cdot \bar{t}_3(\lambda_3(k)) \right\} + \frac{t_4}{t_4} \cdot \bar{t}_4(V_n(l, k, a_1)), \quad (3)$$

де λ_3 – інтенсивність ТП на зелене світло, од./с;

l – відстань від перехрестя, на якій розташована зупинка, м;

a_1 – прискорення автомобіля, м/с².

Середній час затримки виїзду МТЗ з КЗП у вільне вікно ТП

$$\bar{t}_i = \frac{1}{\lambda} (e^{\tau(v_i)\lambda_i} - 1) - \tau(v_i), \quad (4)$$

де $\tau(v_i)$ – час виїзду МТЗ з КЗП у вільне вікно ТП, с;

V_i – швидкість ТП на зелений або червоний сигнал світлофора, м/с;

i – індекс червоного або зеленого сигналу світлофора.

$$\tau(v_i) = \frac{V_i}{a}, \quad (5)$$

де a – прискорення МТЗ, м/с².

Також в другому розділі роботи розроблені теоретичні основи моделювання транспортного попиту в умовах інтенсивної взаємодії об'єкту дослідження з його оточенням. Така взаємодія зовнішніх та внутрішніх обсягів руху автомобілів загострює питання незбалансованості ТР, яке в загальному випадку ще не має свого вирішення.

Головна причина виникнення дисбалансу між сумарними місткостями ТР обумовлена динамічною структурою об'єкту дослідження, оскільки будь-яка поїздка в ньому починається і закінчується в різний час. Це означає, що відправлення автомобілів до початку досліджуваного періоду, та їх прибуття після його закінчення, не можуть бути зафіксовані, хоча вони можуть бути частиною ТП в районі дослідження. Кількість таких частково зафіксованих автомобілів на момент початку обстеження є частиною місткостей внутрішніх ТР з відправ-

лення, на момент закінчення – місткостей внутрішніх ТР з прибуття. Тому, якщо на моменти початку та закінчення обстеження на транспортній мережі досліджуваного району знаходилася різна кількість автомобілів, між сумарними місткостями ТР з прибуття та відправлення автомобілів вочевидь буде існувати дисбаланс, викликаний саме цією різницею.

Кількість автомобілів на ВДМ визначається як добуток середньої щільності ТЗ на довжину транспортної мережі.

$$N_b = \rho_b \cdot L_u, \quad N_e = \rho_e \cdot L_u, \quad (6)$$

де N_b , N_e – кількість автомобілів на ВДМ на момент початку та закінчення обстеження, авт.;

ρ_b , ρ_e – середня щільність автомобілів на ВДМ досліджуваного району на початку та в кінці спостережень, од./км;

L_u – сумарна довжина смуг руху автомобілів на ВДМ, км.

Так як протяжність смуг руху ВДМ досліджуваного району на момент проведення обстеження є постійною величиною, $L_u = \text{const}$, то причиною виникнення дисбалансу може вважатися різна щільність автомобілів на ВДМ.

Змістовний сенс причин дисбалансу місткостей ТР вимагає включити в розрахунки матриці кореспонденцій для пікового періоду додатковий умовний транспортний район (УТР) "Транспортна мережа", який відображає наявність автомобілів, що рухаються на ВДМ у моменти початку та закінчення обстеження кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів в місцях паркування.

Збалансована за допомогою УТР "Транспортна мережа" матриця кореспонденцій в укрупненому вигляді може бути представлена як таблиця 1. Кожний з основних осередків таблиці 1 у розгорнутому виді являє собою відповідну матрицю кореспонденцій, в якій реалізуються внутрішні H_{dd} , внутрішньо-периферійні H_{ds} , H_{sd} та транзитні H_{ss} кореспонденції.

Таблиця 1 – Збалансована матриця кореспонденцій, од./період*

ТР по відправленню	ТР по прибуттю			Місткості відправлення, D
	d	s	n	
d	H_{dd}	H_{ds}	H_{dn}	D_d
s	H_{sd}	H_{ss}	H_{sn}	D_s
n	H_{nd}	H_{ns}	H_{nn}	D_n
Місткості з прибуття, A	A_d	A_s	A_n	Q

* d – індекс центральних ТР, s – індекс периферійних ТР, n – індекс УТР "Транспортна мережа", Q – загальна кількість автомобілів в матриці.

Інші фрагменти укрупненої матриці: H_{nd} , H_{ns} , H_{dn} , H_{sn} , представляють собою вектори (строку або стовбець), в яких знаходиться кількість автомобілів, що відображає взаємодію внутрішніх або зовнішніх ТР з УТР "Транспортна мережа". Таке представлення не лише дозволяє уникнути дисбалансу місткостей

ТР, але й підкреслює індивідуальний характер кожного з елементів матриці кореспонденцій автомобілів, які потребують власного підходу до їх розрахунків.

У третьому розділі визначено залежність часу затримки виїзду МТЗ з КЗП від відстані розташування зупинки від перехрестя, представлено результати натурних обстежень інтенсивності обміну автомобілів в місцях паркування ЦЧМ Харкова, встановлено закономірності розподілу щільності паркування та визначено інтенсивність ТП при різних рівнях завантаження ЦЧМ Харкова. Для визначення залежності часу затримки виїзду МТЗ від відстані розташування зупинки від перехрестя було проведено розрахунки для базового варіанту функціонування регульованого перехрестя з одно-смуговим рухом на дорозі. При цьому розглядалося два варіанти розміщення ЗП, до та після перехрестя. В якості вхідних даних для побудови залежності використовувалися значення інтенсивності 548 авт./год, та швидкості 27 км/год. Результати проведених розрахунків залежності часу затримки виїзду МТЗ з КЗП від відстані розташування зупинки від перехрестя наведено на рис. 2.

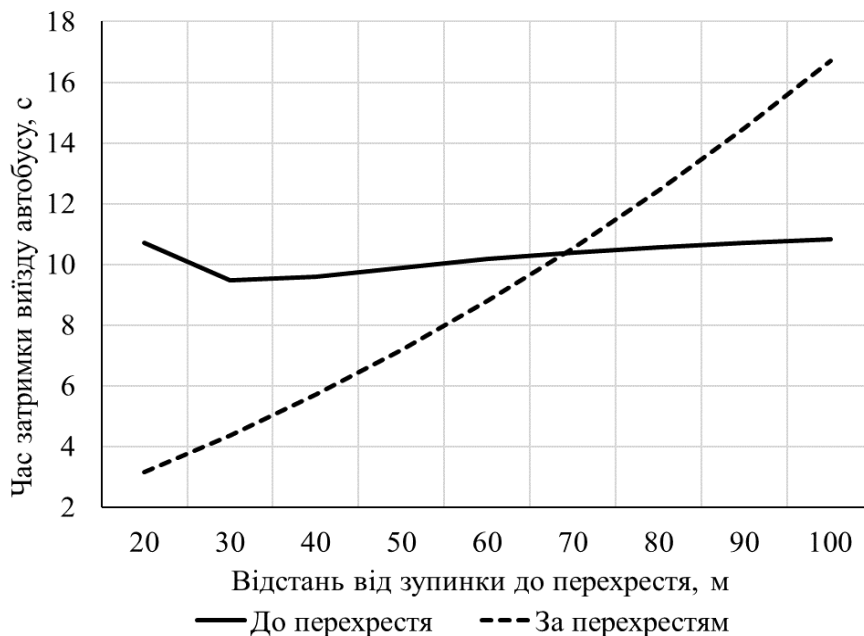


Рисунок 2 – Залежність часу затримки від відстані розташування зупинки від перехрестя та інтенсивності

З рис. 2 видно, що вплив параметра відстані між ЗП і перехрестям неоднаковий в залежності від розташування ЗП до чи після регульованого перехрестя. За результатами досліджень можливо стверджувати, що найбільш доцільним є розміщення зупинки на мінімально допустимій відстані за перехрестям, а при розміщенні зупинки до перехрестя на відстані 30 м.

Для прийняття практичних рішень стосовно розміщення ЗП в умовах підвищеної інтенсивності ТП на ділянках ЦЧМ Харкова було побудовано модель попиту на пересування автомобілів. При цьому місткості ТР визначалися обміном автомобілів на стоянках, дослідження яких проводилось з 8^{00} до 10^{00} , так як за попередніми дослідженнями було встановлено, що процес накопичення автомобілів на місцях для паркування в ЦЧМ Харкова займає відносно невеликий

проміжок часу та досягає максимуму з 8⁰⁰ до 10⁰⁰, а після 10⁰⁰ ступінь заповнення місць паркування має незначні коливання протягом періоду з 10⁰⁰ до 19⁰⁰.

Після обробки проведених серій спостережень середня кількість автомобілів, що прибувають на стоянку склала 32 од. на 100 м, а тих що від'їжджають – 20 од. на 100 м. Кількість автомобілів, що паркуються у дворах житлових будинків склала 0,49 од. на 100 м² та 0,52 од. на 100 м² що від'їжджають відповідно.

Для визначення щільності паркування автомобілів було використано фотофіксацію ділянок ВДМ за період доби з 8⁰⁰ до 10⁰⁰. Після обробки результатів спостережень можна стверджувати, що величина щільності стоянки автомобілів на ВДМ розподіляється згідно з показниковим законом, а випадкова величина щільності стоянки в дворах будинків за гамма розподілом рис. 3, 4 та табл. 2.

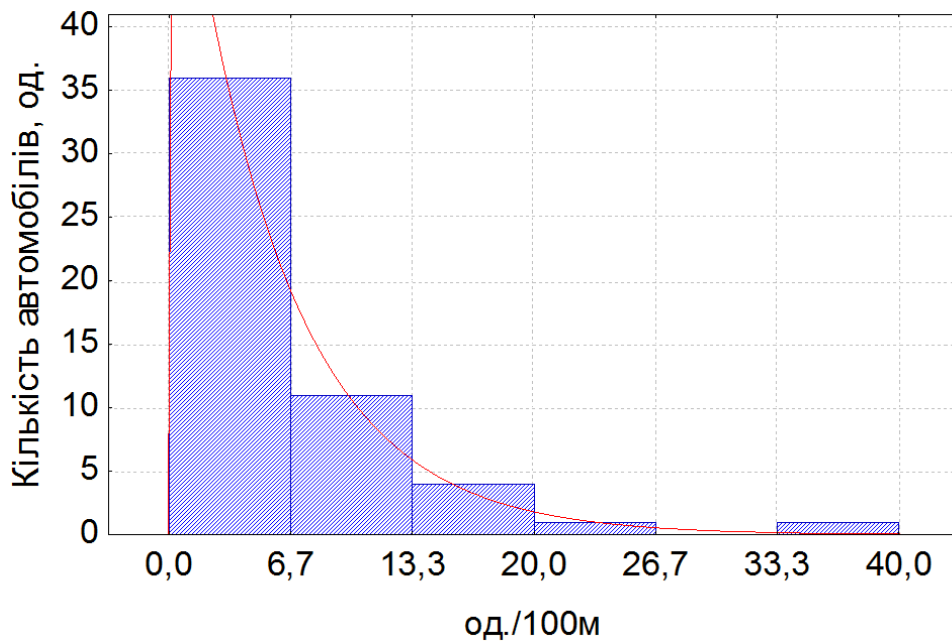


Рисунок 3 - Розподіл щільності стоянки автомобілів на ВДМ

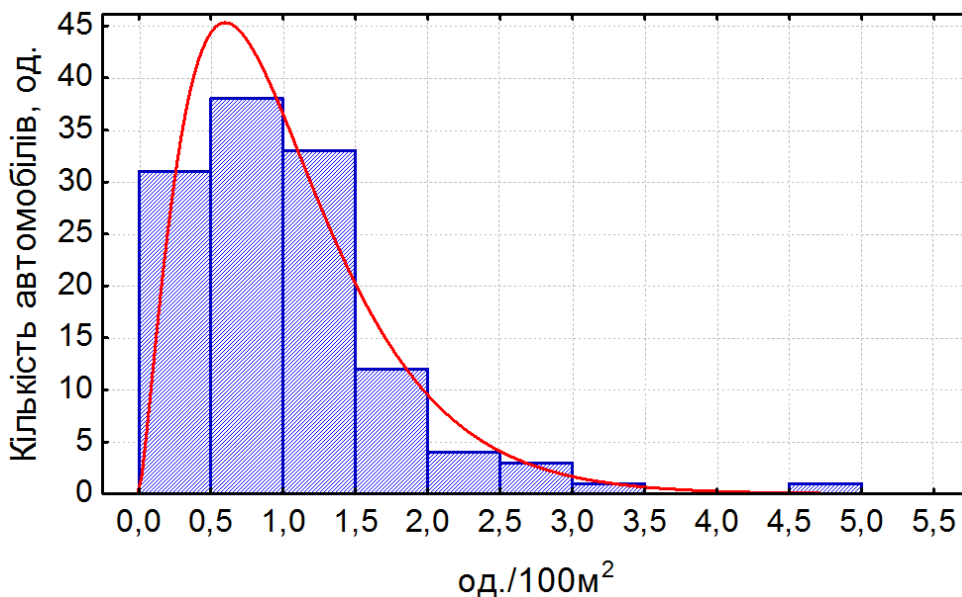


Рисунок 4 - Розподіл щільності стоянки автомобілів в дворах

Таблиця 2 – Параметри законів розподілу щільності стоянки автомобілів

Показники	Щільності стоянки автомобілів на ВДМ	Щільності стоянки в дворах житлових будинків
Параметр масштабу	5,64	0,435
Параметр форми		2,374
Величина тесту χ^2	5,54	2,61
Ймовірність тесту χ^2	0,236	0,272
Величина тесту Колмогорова-Смирнова	0,019	0,034

Використовуючи ці величини для будь-якої ділянки ВДМ ЦЧМ Харкова можливо визначити кількість автомобілів, що прибувають до та від'їжджають від неї. За результатами імітаційного експерименту на підставі значень параметрів закону розподілу щільності паркування та середніх значень кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів було одержано місткості внутрішні ТР, сумарне значення яких по прибуттю дорівнює 29099, а по відправленню 23103. Для обґрунтованого коректування місткостей ТР було визначено середню щільність ТП на основі відеоспостережень на різних перехрестях ЦЧМ Харкова з 7^{50} до 8^{10} та з 9^{50} до 10^{10} , рис. 5.

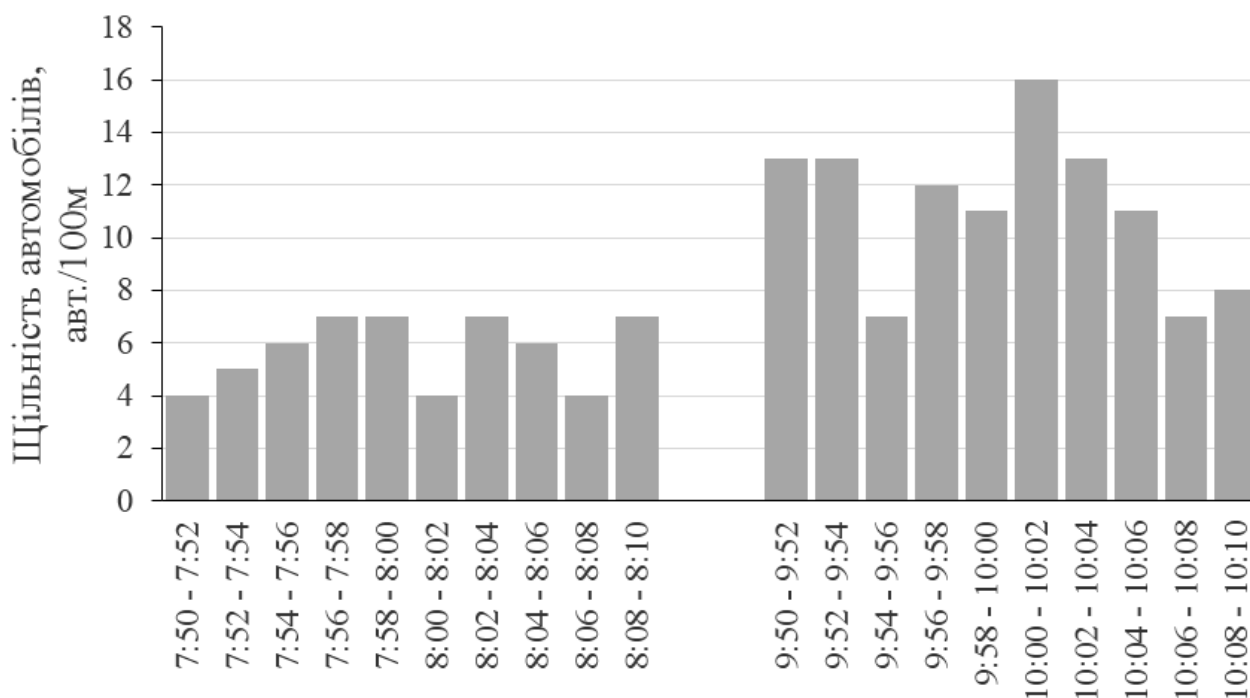


Рисунок 5 - Гістограма кількості автомобілів на ВДМ

З рисунка 5 видно, що кількість автомобілів на початку натурних спостережень значно менша, що пояснює дисбаланс між прибуттям і відправленням автомобілів. За допомогою середньої щільності ТП були визначені місткості УТР "Транспортна мережа", табл. 3. Після цього різниця між сумами місткостей ТР по відправленню та прибуттю зменшується з 3057 до 191 автомобілів.

Таблиця 3 – Збалансовані сумарні місткості

ТР по відправленню	ТР по прибуттю			Місткості відправлення, $D_{d,s,n}$
	A_d	A_s	A_n	
D_d	H_{dd}	H_{ds}	H_{dn}	8299
D_s	H_{sd}	H_{ss}	H_{sn}	29099
D_n	H_{nd}	H_{ns}	H_{nn}	3255
Місткості прибуття, $A_{d,s,n}$	11238	23103	6431	40772

За допомогою одержаної матриці кореспонденцій в програмі VISUM були розраховані інтенсивності ТП, рис. 6.



Рисунок 6 - Епюри інтенсивності ТП на ВДМ ЦЧМ Харкова

Середнє відхилення розрахункових ТП від фактичних значень виявилось 37 %. Так, як в роботі були проведені натурні спостереження в наслідок чого були одержані фактичні значення інтенсивності ТП за дві години майже на всіх ділянках вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки, вдалося розраховані значення інтенсивності в програмі VISUM привести до фактичних значень, що в подальшому дозволило скорегувати прогнозні значення інтенсивності при підвищенні величин кореспонденцій.

Для аналізу впливу рівня автомобілізації на інтенсивність руху автомобілів в ЦЧМ Харкова спочатку було проведено моделювання інтенсивності руху автомобілів в ЦЧГ Харкова за допомогою програми VISUM з урахування поступового збільшення величини кореспонденцій від 5% до 200%. При цьому було використано шаг зміни 5% при збільшенні до 50%, 10% при збільшенні до 100% та 20 % при збільшенні до 200%. Розрахунки показали, що при збільшенні кореспонденцій понад 60% пропускна спроможність ділянок ВДМ зменшується до критично малого стану на що вказує швидкість руху, яка наближається до нуля.

У четвертому розділі представлено результати оцінювання адекватності побудованих теоретичних моделей, розроблено практичні рекомендації щодо раціонального розташування ЗП на вулицях Пушкінська та Сумська м. Харкова.

Для перевірки розроблених аналітичних моделей було побудовано альтернативну модель в програмі VISSIM, рис. 7. При цьому вхідні параметри для моделі побудованої в програмі VISSIM повністю співпадали з вхідними параметрами аналітичної моделі.

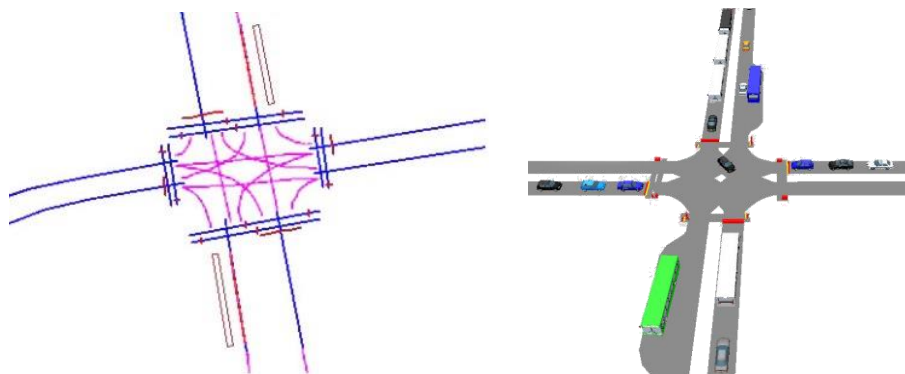


Рисунок 7 - Модель функціонування зупинки та перехрестя в програмі VISSIM

В результаті проведення серій експериментів в програмі VISSIM, в яких моделювалась різна відстань розташування зупинки, було одержано середні значення часу затримки виїзду МТЗ з КЗП. Для практичного застосування одержаних результатів моделювання важливим є відповідність прогнозних даних фактичним. В роботі в якості фактичних (емпіричних) значень виступають результати моделювання в програмі VISSIM. Для перевірки адекватності проведено розрахунок інтегральної різниці двох функцій за результатами якого розходження між функціями не перевищує 15%, що вказує на високу схожість результатів моделювання.

Використовуючи розроблені аналітичні моделі було сформовано практичні рекомендації стосовно розміщення 8 зупиночних пунктів на вулицях Пушкінська та Сумська (табл. 4), а для визначення ефективності таких рішень було побудовано транспортні моделі цих вулиць в програмі VISSIM (рис. 8).

Таблиця 4 – План передислокації зупиночних пунктів

Перехрестя	Адреса зупинки	Місце розташування		Відстань, м	
		Факт	План	Факт	План
вул. Сумська					
вул. Скрипника	вул. Сумська 15	за	за	160	10
вул. Свободи	вул. Сумська 48	за	за	200	10
просп. Незалежності	вул. Сумська 43Б	до	до	72	20
	вул. Сумська 80	за	за	61	10
вул. Пушкінська					
пер. Театральний	вул. Пушкінська, 28	до	до	13	20
вул. Гіршмана	вул. Пушкінська, 50/52	до	за	28	10
	вул. Пушкінська, 49	до	за	48	10
вул. Ярослава Мудрого	вул. Пушкінська, 74А	до	за	20	40

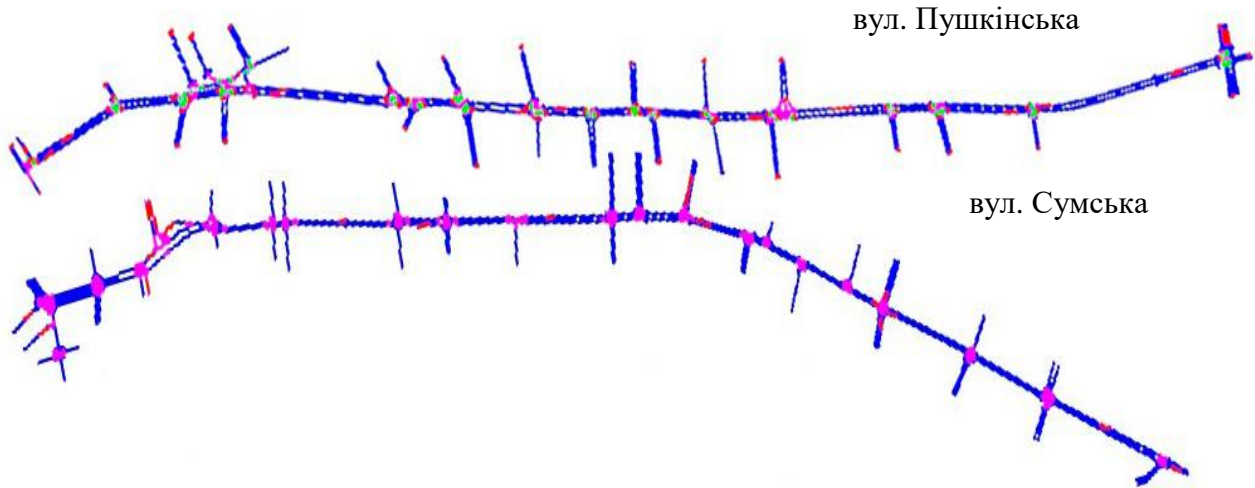


Рисунок 8 - Схема транспортних моделей в програмі VISSIM

Як вхідні значення величини ТП для аналітичних моделей та моделей в програмі VISSIM використовувались значення інтенсивності, які були спрогнозовані в програмі VISUM. За допомогою розроблених математичних моделей було визначено середній час затримки виїзду МТЗ при різних рівнях інтенсивності ТП, які в подальшому можуть бути на досліджуваних ділянках вулиць Сумська та Пушкінська біля ЗП (табл. 4), рис. 9, 10.

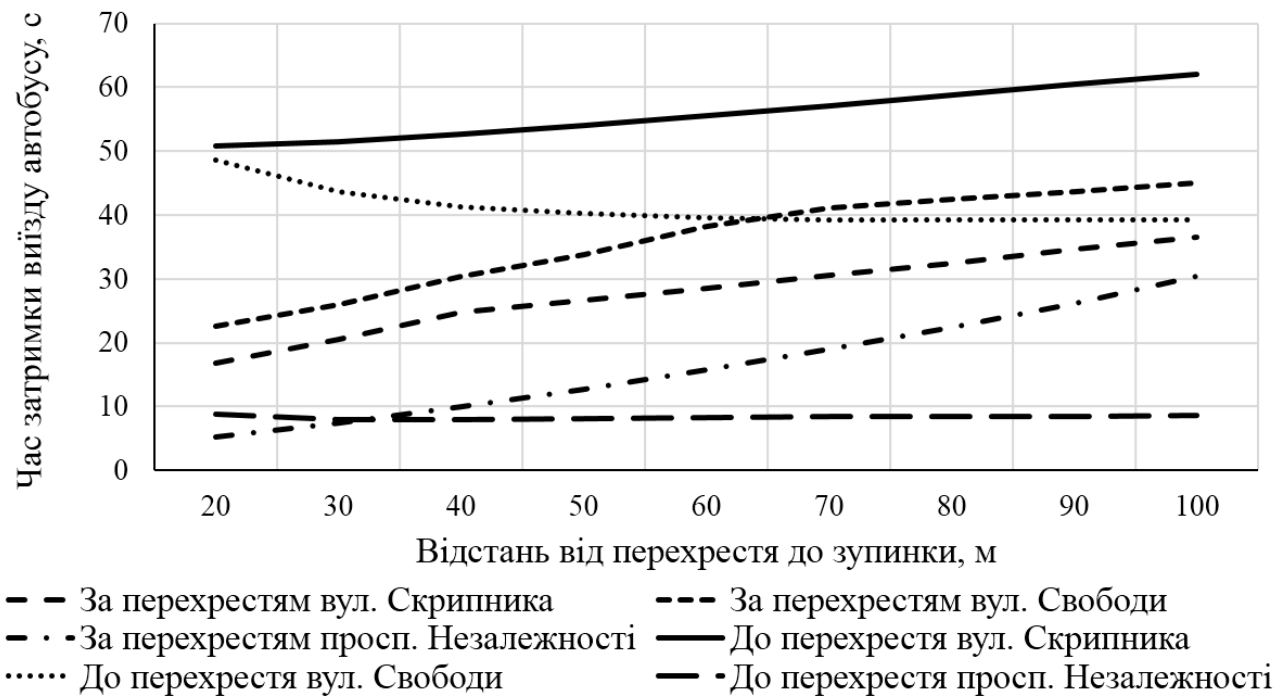


Рисунок 9 – Середній час затримки виїзду МТЗ при розміщенні зупинки до чи після регульованих перехрестів на вул. Сумській

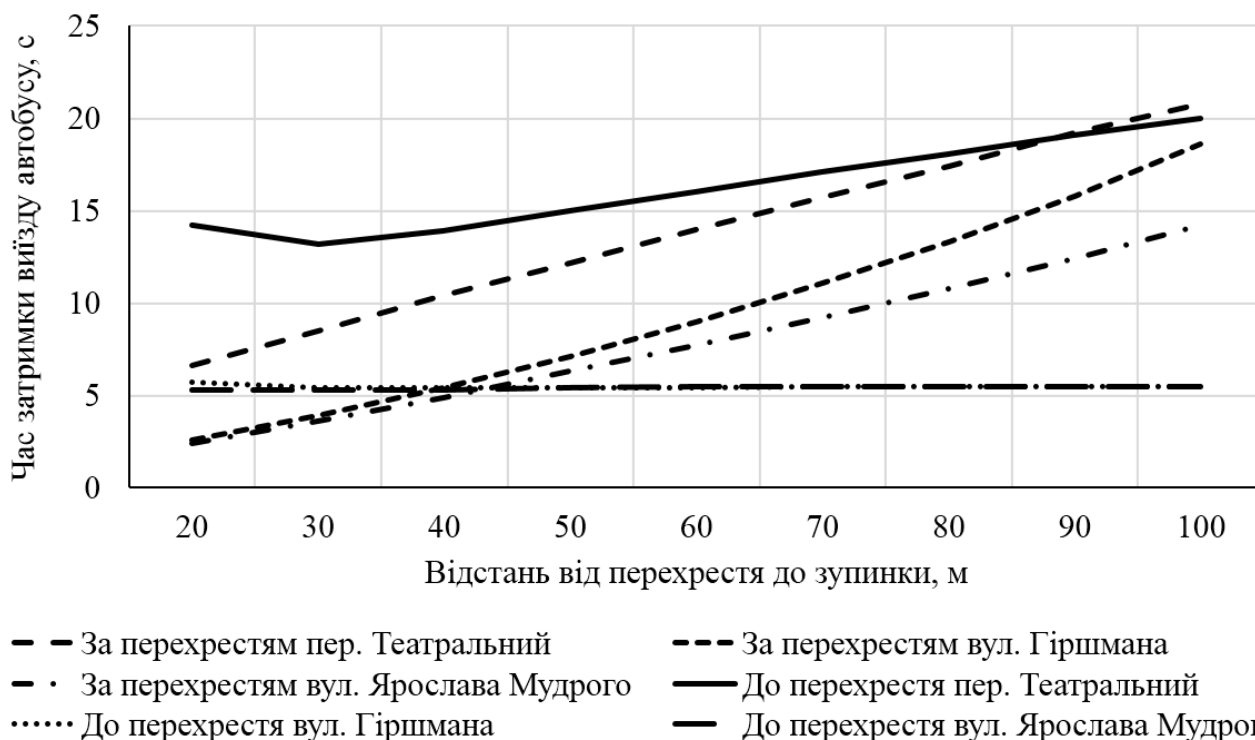


Рисунок 10 – Середній час затримки виїзду МТЗ при розміщенні зупинки до чи після регульованих перехресть на вул. Пушкінській

Після проведених розрахунків було встановлено, що на всіх розглянутих перехрестях більш доцільним буде розміщення ЗП на мінімально допустимій відстані 20 м за перехрестям, навіть при збільшенні інтенсивності руху на 60%.

В результаті передислокації 8 ЗП (табл. 4) на вулицях Сумська та Пушкінська вдалося зменшити час затримки виїзду МТЗ в середньому з 22 до 6 секунд. Також для практичної перевірки розроблених рекомендацій стосовно передислокації ЗП було проведено натурне дослідження часу поїздки пасажирів в МТЗ на вулицях Пушкінська, Сумська, а також час поїздки було визначено в моделях VISSIM (рис. 8) після впровадження на їх основі запланованих передислокацій ЗП, табл. 5.

Таблиця 5 – Оцінка ефективності передислокацій зупиночних пунктів

Параметри	Сумська		Пушкінська	
	від центру міста	до центру міста	від центру міста	до центру міста
За натурними спостереженнями, с	678	573	535	438
До переміщення зупинок в програмі VISSIM, с	671	562	530	429
Після переміщення зупинок в програмі VISSIM, с	597	539	482	403

Тобто, передислокація 8 ЗП на вказаних вулицях дає змогу скоротити час пересування пасажирів в МТЗ, що дає підставу вважати доцільним використання розробленого підходу до визначення раціонального місця розташування ЗП відносно регульованих перехресть.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі виконане актуальне наукове завдання визначення раціонального місця розташування зупинки міського пасажирського транспорту в зоні дії регульованого перехрестя, що дозволяє скоротити час поїздки пасажирів в ТЗ автобусних та тролейбусних маршрутів. Проведені в дисертаційній роботі дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Аналіз стану питання визначення раціонального місця розташування ЗП показав, що існуюча нормативна база носить лише рекомендаційний характер і не дозволяє одержати кількісну оцінку рівня їх функціонування. При цьому наявні методики визначення раціонального місця розташування ЗП здебільшого не мають теоретичного обґрунтування й носять статистичний характер, який обмежує наукову значимість результатів лише розглянутими в дослідженні об'єктами та суттєво звужує можливості їх практичного застосування.

2. Розроблені в роботі принципи моделювання й побудовані на їхній основі аналітичні моделі часу затримки відправлення МТЗ від ЗП дозволили встановити, що найбільш доцільним, з погляду економії часу пересування пасажирів, є розміщення зупинки за регульованим перехрестям на мінімально допустимій відстані 20 м, а при розміщенні зупинки перед перехрестям – на відстані від 30 м. Областю застосування розроблених аналітичних моделей є обладнані заїзними карманами зупинки, які розміщені на дорогах з однією смугою руху або зупинки без заїзного карману, які розміщені на дорогах із двома смугами руху, якщо одна з них зайнята припаркованими автомобілями, які змушують водія МТЗ виконувати маневр виїзду на смугу руху.

3. Розроблений підхід для оцінки різних умов функціонування МТЗ на ЗП, заснований на врахуванні довгострокових тенденцій зміни попиту на поїздки автомобілів та дозволяє врахувати динамічний характер транспортного процесу за рахунок введення в модель попиту умовного транспортного району, який описує транспортну мережу, що моделюється. Облік кількості ТЗ, які перебувають на транспортній мережі ЦЧМ Харкова в моменти початку й закінчення обстеження, дозволив практично повністю, на 96 %, скоротити дисбаланс місткостей ТР по відправленню та прибуттю автомобілів в моделі попиту та отримати адекватні прогнози попиту на довгостроковий період.

4. Експериментальна перевірка адекватності аналітичних моделей показала, що відмінність між емпіричною та розробленою функцією часу затримки відправлення МТЗ з КЗП не перевищує 15% для обох випадків розміщення зупинки щодо перехрестя, що свідчить про можливість використання цих моделей для оцінки часу затримки відправлення МТЗ з зупинки при виборі місця її розташування.

5. Оцінка умов експлуатації ЗП в ЦЧМ Харкова показала, що для кожного з розглянутих перехресть при різних значеннях інтенсивності зберігається рекомендація щодо доцільності розміщення ЗП на мінімально можливій відстані за перехрестям. При цьому підвищення значень кореспонденцій автомобілів між ТР більш ніж на 60% від сучасного рівня, приводить до значного зниження швидкості руху ТЗ на ВДМ. В таких умовах варіант розміщення ЗП практично не впливає на значення часу поїздки пасажирів в МТЗ, а поліпшення транспортної ситуації потребує інших планувальних заходів.

6. Рациональне розміщення восьми ЗП на вулицях Пушкінська та Сумська згідно розробленим у роботі рекомендаціям дозволяє зменшити час затримки відправлення МТЗ на 22% при сучасному рівні інтенсивності руху автомобілів в ЦЧМ Харкова. При цьому середній час поїздки пасажирів у МТЗ на зазначених вулицях скорочується на 9%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горбачов П.Ф. Закономірності зміни інтенсивності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі міста / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № (36) 6/3. – С. 24 – 27.

2. Горбачов П.Ф. Закономірності формування місткості центральної частини м. Харкова по прибуттю та відправленню автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №49. – С. 127 – 129.

3. Горбачов П.Ф. Визначення завантаження автомобілями центральної частини м. Харкова на основі закономірностей щільності паркування. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2010. – № 27. – С. 69 – 72.

4. Горбачов П.Ф. Моделювання прибуття і відправлення автомобілів у транспортних районах центральної частини міста Харкова. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій, В.М. Чижик // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №5(159). – С. 264 – 269.

5. Горбачов П.Ф. Методика расчета емкостей транспортных районов с учетом динамических процессов в транспортной системе / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2012. – № 30. – С. 139 – 143.

6. Горбачов П.Ф. Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей для центральной части города Харькова / П. Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХПІ, Збірник наукових праць. – 2013.– № 56(1029). – С. 55 – 60.

7. Горбачов П.Ф. Параметры движения маршрутного автомобильного пассажирского транспорта в центральной части г. Харькова / П.Ф. Горбачов, А.І. Воронков, О.С. Колій, І.Н. Нікітченко // Вісник ХНАДУ. – 2013.– № 60. – С. 34 – 37.

8. Горбачов П.Ф. Визначення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в потік автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2014. – №35. – С. 116 – 122.

9. Horbachov P. Badania procesów parkowania w centralnej części miasta Charkowa / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // zeszyty naukowo-techniczne stowarzyszeń iainżynie rów i techników komunikacji rzeczpospolitej polskiej oddział w krakowie. – 2013. – № 1(100)72013. – P. 125 – 134.

10. Horbachov P. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // Archives of Transport. – 2015. – Vol. 35(3). – P. 15 – 25.

11. Колій О.С. Визначення місткості транспортних районів з урахуванням щільності завантаження автомобілями транспортної мережі / О.С. Колій // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 12 – 16 марта 2012 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 19 – 20.

12. Колій А.С. Методика балансировки емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей в центральной части г. Харькова / А.С. Колій // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-техн. конф., 19 апреля 2012 г., Минск / Белорус. нац. техн. ун. – М. : БНТУ, 2013. – С. 120 – 127.

13. Колій О.С. Визначення закономірностей інтенсивності обміну автомобілів на ділянках транспортної мережі міста / О.С. Колій // Логістика промислових регіонів: зб. наук. праць за матеріалами четвертої міжнар. наук.-практ. конф., Донецьк, 23-25 квітня 2012 р. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. – С. 223 – 225.

14. Колій О.С. Визначення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в потік автомобілів / О.С. Колій // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. наук. праць за матеріалами восьмої всеукраїнської наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, Кіровоград, 16 – 18 квітня 2014 р. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 164 – 166.

15. Пат. 92076 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 92076 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С., Свічинський С.В.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 02621; заявл. 17.03.14; опубл. 25.07.14, Бюл. №14.

16. Пат. 110729 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 110729 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u2014 02622; заявл. 17.03.14; опубл. 10.02.16, Бюл. №3.

17. А. с. Методика коректування місткостей транспортних районів на основі врахування динамічних процесів у транспортній системі / О.С. Колій (Україна). – № 52553 ; зареєстровано 13.12.13.

АНОТАЦІЯ

Колий О.С. Рациональное розташування зупиночних пунктів автобусних та троллейбусних маршрутів відносно регульованих перехресть.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів до чи після регульованих перехресть. Для цього було проаналізовано підходи до визначення місця розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту та методи моделювання ТП. Проведено розрахунки попиту на пересування власним транспортом при цьому визначення місткостей транспортних районів базувалося на ймовірнісному підході до щільності паркування автомобілів.

Також в роботі розроблено метод коректування сумарних місткостей транспортних районів з прибуття та відправлення автомобілів за рахунок включення до розрахунків додаткового умовного транспортного району, який характеризує кількість автомобілів, які рухаються на ВДМ в момент початку та закінчення натурних досліджень. Що дозволило обґрунтовано збалансувати сумарні місткості транспортних районів по відправленню та прибуттю автомобілів. В якості критерію вибору місця розташування зупиночних пунктів було прийнято час затримки виїзду МТЗ з КЗП після закінчення посадки та висадки пасажирів. В результаті досягнуто мінімізації часу поїздки пасажирів за рахунок раціонального розміщення зупиночних пунктів до чи після перехрестя.

Ключові слова: зупинка, маршрутні транспортні засоби, транспортні потоки, регульовані перехрестя, інтенсивність руху, час затримки, місткість транспортних районів.

АННОТАЦИЯ

Колий А.С. Рациональное расположение остановочных пунктов автобусных и троллейбусных маршрутов относительно регулируемых перекрестков.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.01 - транспортные системы. - Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2017.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи определение рационального размещения остановочных пунктов до или после регулируемых перекрестков. Выполненный анализ нормативных документов относительно организации работы городского пассажирского транспорта показал, что они носят рекомендационный характер. При этом имеющиеся методики определения рационального местоположения остановочных пунктов большей частью не имеют теоретического обоснования и носят статистических характер.

Выборочный метод обследования позволил с минимальными затратами ресурсов получить адекватные данные о плотности стоянки автомобилей, а также определить количество прибывающих и убывающих автомобилей. По полученным данным определены закономерности плотности стоянки автомобилей на крайней правой полосе улично-дорожной сети и в дворах жилых домов. Разработана имитационная модель расчета количества прибывающих и убывающих автомобилей на участках уличной сети города которая в дальнейшем позволила определить емкости транспортных районов.

Было установлено, что дисбаланс между прибытием и отправлением в суммарных емкостях транспортных районов возникает из-за динамического характера транспортной системы, вследствие чего существуют такие автомобили, которые начали движение до начала проведения натуральных наблюдений, а закончили свое движение уже в процессе проведения учета, а также автомобили, которые начали движение во время проведения, а после окончания обследования прибыли к месту парковки. Поэтому для обоснованной корректировки суммарных емкостей прибытия и отправления автомобилей в модель спроса целесообразно включить автомобили, которые двигаются по улично-дорожной сети в момент начала и окончания натуральных исследований с помощью дополнительного условного транспортного района.

Разработана методика определения рационального размещения остановочных пунктов городского пассажирского транспорта до или после регулируемых перекрестков. В качестве критерия выбора местоположения выступает время задержки выезда маршрутного транспортного средства после окончания посадки и высадки пассажиров. Для проведения моделирования времени задержки отезда маршрутного транспортного средства от остановочного пункта были получены следующие статистические данные: скорость движения транспортного потока, ускорение маршрутного транспортного средства, а также время освобождения автомобилем своего места в очереди перед светофором на зеленый свет. Рекомендации по определению рационального расположения остановочных пунктов представляют научно практическую ценность и были использованы при формировании моделей функционирования дорожно-транспортной сети улиц Сумская и Пушкинская г. Харькова.

Ключевые слова: остановка, маршрутные транспортные средства, транспортные потоки, регулируемые перекрестки, интенсивность движения, время задержки, емкости транспортных районов.

ABSTRACT

O. Koliy. Rational location of bus and trolley bus stops along the route relatively the controlled intersections.

Thesis for obtaining the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.01 - transport systems. - Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

The given thesis deals with solving the scientific and applied problem of determining the rational location of bus and trolleybus stops at the entry or exit of controlled intersections. For this purpose, there were analyzed the approaches that make it possible to determine the positioning of public passenger transport stops as well as the methods for modeling the TA. There were also performed calculations for determining the demand for trips, using private cars whereby the capacity of transport areas were based on the probability approach of determining the density of vehicle parking.

Besides, in the given paper there was developed a method of adjusting the total capacity of transport areas of arrival and departure of vehicles at the expense of an additional conditional transport area to be included into calculations, which describes the number of cars that move on the urban road network both at the beginning and the end of field research. It made possible to reasonably balance the total transport capacity in the areas of departure and arrival of cars. The delay time of vehicle departure from the bus-stop after embarking and disembarking was chosen as the criterion of choice of the location of stops. As a result, there was achieved minimizing of the trip time by rational distribution of stops at the entry or exit of the intersection.

Key words: stop, route vehicles, traffic flow, regulated intersections, traffic, latency, capacity transport areas.