

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА

**Єрмак Олена Михайлівна**

УДК 656.015

**РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ  
МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківській національній академії міського господарства, Міністерство освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Доля Віктор Костянтинович,**  
Харківська національна академія міського господарства, професор кафедри транспортних систем і логістики

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Поліщук Володимир Петрович,**  
Національний транспортний університет,  
завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху

кандидат технічних наук  
**Енглезі Ірина Павлівна,**  
Донецька академія автомобільного транспорту,  
ректор

Захист дисертації відбудеться “08” жовтня 2010 р. о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.089.03 в Харківській національній академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківської національної академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12.

Автореферат розісланий “06” вересня 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Ю.О. Давідіч

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У транспортному обслуговуванні населення найкрупніших міст домінуюче положення займає (і буде займати на віддалену перспективу) міський пасажирський транспорт (МПТ). Функціонування сучасного міста неможливо уявити без розвиненої системи міського пасажирського транспорту, рівень ефективності якої багато в чому визначає умови життя людей і впливає на результати їхньої праці на основному виробництві. За цих умов актуальне значення має проблема визначення соціальної і економічної ефективності пасажирських перевезень. Важливе місце при цьому займає розташування системи зупиночних пунктів на вулично-дорожній мережі міста. Незважаючи на існування відомих методів визначення оптимальної довжини перегону та розроблених норм та правил щодо визначення відстані між зупиночними пунктами на лініях МПТ в межах території населених пунктів, недослідженими залишаються сукупні витрати суспільства при визначенні оптимальної довжини перегону. Також відсутні залежності для визначення місця розташування зупиночних пунктів МПТ у межах площ, що утворенні перехрестям вулиць і доріг. Тому тема дисертаційної роботи, яка спрямована на визначення закономірностей раціонального місця розташування зупиночних пунктів МПТ, є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри транспортних систем і логістики Харківської національної академії міського господарства “Технологічне проектування, організація, логістична та ергономічна підтримка транспортних процесів міста” (номер державної реєстрації 0109U003408). Особистий внесок автора дисертації полягає у визначенні методологічних аспектів розміщення зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є визначення закономірностей розташування зупиночних пунктів з урахуванням параметрів транспортної системи міського пасажирського транспорту.

Для досягнення поставленої мети було поставлено наступні завдання:

- проаналізувати підходи до визначення місця розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту;
- розробити математичну модель визначення оптимальної довжини перегону міського пасажирського транспорту;
- визначити закономірності впливу факторів системи міського пасажирського транспорту на довжину перегону, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства;
- визначити місця розташування зупиночних пунктів наземного міського пасажирського транспорту в межах площ, що утворенні перехрестям вулиць і доріг;

- розробити рекомендації щодо розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту.

*Об'єктом дослідження* є транспортна система міського пасажирського транспорту.

*Предметом дослідження* є закономірності раціонального розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту.

*Методи дослідження:* системного аналізу при визначенні загальних витрат суспільства, пов'язаних з роботою зупиночних пунктів МПТ, і аналізу існуючих підходів до визначення оптимальної довжини перегону; натурних спостережень при визначенні характеристик пасажиропотоків на маршрутах; математичного моделювання при визначенні оптимального місця розташування зупиночних пунктів МПТ; математичної статистики при визначенні впливу факторів маршрутної системи на довжину перегону.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- на відміну від відомих раніше наукових положень визначення місць розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту, орієнтованих на мінімізацію приведених витрат часу на пересування населення, в роботі удосконалено науковий підхід до визначення раціональних місць розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства;

- набули подальшого розвитку наукові положення щодо визначення місця розташування зупиночних пунктів до чи після площ, утворених перехрестям вулиць і доріг, з урахуванням безпеки руху транспортних засобів та пішоходів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що запропонований в дисертації підхід до визначення місць розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту дозволяє мінімізувати витрати суспільства при плануванні комплексної транспортної системи міста, обирати на площах, що утворенні перехрестям вулиць і доріг, відносно безпечніше місце розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту. Запропонований науковий підхід може бути використано підприємствами та науково-дослідними організаціями при вирішенні завдань удосконалення організації роботи міського пасажирського транспорту та плануванні транспортної мережі міст, а також в навчальному процесі при підготовці спеціалістів з напрямку „Транспортні технології”.

Впровадження запропонованих результатів на підприємствах ДП «Харківавтотранссервіс», ХКП «Міськелектротранс» при визначенні довжини перегону та місць розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту дало змогу покращити показники функціонування маршрутів за рахунок урахування інтересів вхідних пасажиропотоків та пасажиропотоків слідування.

**Особистий внесок здобувача.** Автору належать всі наукові результати, які виносяться на захист. У публікаціях із співавторами особистий внесок

автора складає: визначення складових загальних витрат суспільства, пов'язаних з роботою зупиночного пункту МПТ [1], визначення впливу факторів системи МПТ на оптимальну довжину перегону [2], визначення зміни величини вартості часу пішого руху пасажирів до зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту від соціально-економічних факторів [6].

**Апробація результатів дисертації.** Результати наукових розробок, отримані при виконанні дисертаційної роботи, доповідалися на:

- 69-й міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 2007 р.);
- 70-й міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 2008 р.);
- II международной научно-практической конференции “Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании” (м. Дніпропетровськ, 2008 р.);
- VI международной научно-практической интернет-конференции “Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития” (м. Харків, 2008 р.);
- міжнародній науково-практичній конференції “Логістичні проблеми управління транспортним комплексом” (м. Донецьк, 2009р.);
- XII международной научно-технической конференции „Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы” (м. Севастополь, 2009 р.);
- міжнародній науково-практичній конференції “Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення” (м. Харків, 2009 р.).

**Публікації.** Основні теоретичні й практичні положення дисертаційної роботи опубліковано в 6 наукових статтях у фахових виданнях, які входять до переліку ВАК України, та 3 тезах доповідей на наукових конференціях.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 143 сторінки, з них список використаних джерел із 141 найменування та 4 додатки. Дисертація містить 23 рисунки і 31 таблицю.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження. Визначено методи дослідження, наукову новизну й практичне значення отриманих результатів і напрямки впровадження.

**У першому розділі** виконано аналіз наукових підходів до вдосконалення міських пасажирських перевезень, проаналізовано вітчизняні та закордонні нормативні документи щодо визначення довжини перегону та розміщення зупиночних пунктів МПТ на транспортній мережі міста.

Аналіз підходів і методів до визначення довжини перегону та місць розташування зупиночних пунктів показав, що вони ґрунтуються на наступних цілях: мінімізації приведених витрат часу на пересування населення, максимізації продуктивності – в транспортних системах європейських країн, максимізації обслуговування та доступу – в транспортних системах американських міст. При цьому не враховуються витрати суспільства, пов'язані з роботою зупиночного пункту МПТ, і розміри пасажиропотоків на маршрутах. Проведений аналіз дозволив визначити напрямки досліджень, а саме: вплив параметрів транспортної системи міського пасажирського транспорту на розташування зупиночних пунктів, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства та безпеку руху транспортних засобів і пішоходів.

Значну допомогу у визначенні вихідної позиції автору надали наукові фундаментальні праці Л.Л. Афанасьєва, Н.У. Гюлева, В.К. Долі, Ю.О. Давідіча, І.С. Єфремова, А.Х. Зільберталя, В.М. Кобозєва, Є.М. Лобанова, Л.Б. Міротіна, В.П. Поліщука, В.О. Юдіна, А. Schöbel, Wei Fan та інших вчених.

**У другому розділі** роботи було виконано теоретичні дослідження методів і нормативних актів щодо розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту. Визначено методи оцінки вартості часу пересування пасажирів та умови розміщення зупиночних пунктів у межах перехрестя.

Відповідно до ДБН 360-92\*\*, максимальні витрати часу на переміщення пасажирів не повинні перевищувати 45 хвилин для 90 % працюючих (в один кінець) в містах з населенням понад один мільйон чоловік. Виходячи з цього при проектуванні транспортних систем обирають види МПТ та необхідні характеристики їх транспортних мереж і маршрутних систем.

Розроблені та впроваджені нормативи щодо розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту або жорстко регламентують стандарти (у випадку з дальністю пішохідних підходів), або, навпаки, пропонують межі (у випадку з відстанями між зупиночними пунктами). Відсутність критерію при розміщенні зупиночних пунктів у межах площ унеможливорює використання нормативних актів.

Загальним недоліком розроблених математичних моделей оптимальної довжини перегону є використання, у якості основного показника – середню довжину поїздки пасажирів. Отже, чим більша середня довжина поїздки, тим більшою має бути довжина перегону. Чим більші пасажирообміни зупиночних пунктів, тим більша довжина перегону.

Наявність цілого ряду додаткових умов та обмежень при розташуванні зупиночних пунктів на магістралях і перехрестях міських вулиць та доріг практично унеможливорює застосування класичних схем розміщення зупиночних пунктів.

**У третьому розділі** було розроблено математичну модель визначення оптимальної довжини перегону міського пасажирського транспорту.

Досліджено вплив факторів системи міського пасажирського транспорту на довжину перегону, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства.

Оптимальною довжиною перегону  $S(x)$  на поточній довжині маршруту  $X$  (рис. 1) є та довжина, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства, пов'язаних з роботою зупиночного пункту МПТ

$$\Theta_{заг} = \sum_{i=1}^k \Theta_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\Theta_i$  –  $i$ -ті витрати суспільства, пов'язані з роботою зупиночного пункту МПТ, грн./добу·км.

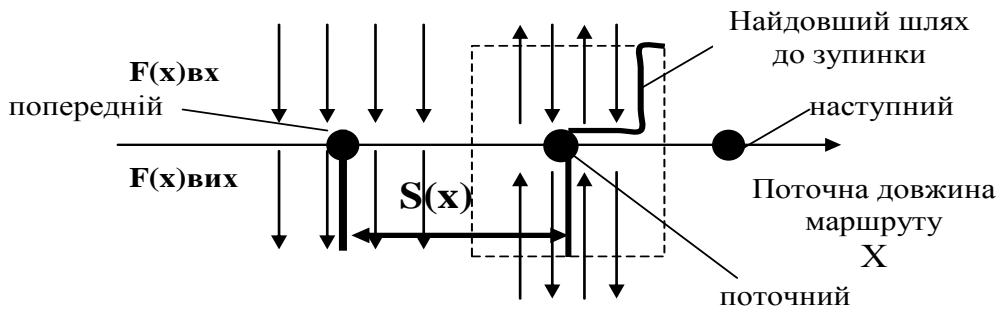


Рис. 1. Схема розташування зупиночних пунктів і потоків пасажирів, які користуються зупиночними пунктами:

- - зупиночний пункт;
- ⋯ - зона, з якої пасажирів підходять до зупиночного пункту;
- ↑ ↓ ↑ ↓ - потоки пасажирів;
- $S(x)$  - оптимальна довжина перегону на поточній довжині маршруту, км;
- $F(x)_{вх}, F(x)_{вих}$  - вхідні та вихідні пасажиропотоки відповідно, пас./добу·км.

Загальні витрати суспільства, пов'язані з роботою зупиночних пунктів МПТ, будуть складатися з витрат, пов'язаних з:

- підходом пасажирів до зупинки,  $\Theta_1$ ;
- відходом пасажирів від зупинки,  $\Theta_2$ ;
- маршрутною поїздкою пасажирів у транспортному засобі при пересуванні по перегону,  $\Theta_3$ ;
- маршрутною поїздкою пасажирів у транспортному засобі при стоянці на зупиночному пункті,  $\Theta_4$ ;
- утриманням зупиночного пункту,  $\Theta_5$ ;
- очікуванням пасажирів транспортних засобів на маршруті,  $\Theta_6$ ;
- витрат, пов'язаних з рухом транспортних засобів на одиницю довжини,  $\Theta_7$ ;
- витрат, пов'язаних з викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів,  $\Theta_8$ .

Витрати, пов'язані з підходом пасажирів до зупинки, визначаються так:

$$\Theta_1 = \left( \frac{S_{\text{пл}}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{\text{пл}} \cdot k_{\text{во}} \cdot k_{\text{рм}}}{V_{\text{пш}}} \cdot C_n \cdot F_{\text{пл}}, \quad (2)$$

де  $\delta$  - щільність транспортної мережі, км/км<sup>2</sup>;

$k_{\text{во}}, k_{\text{пл}}, k_{\text{рм}}$  - коефіцієнти вибору зупиночного пункту, непрямолінійності підходу та рельєфу місцевості відповідно;

$V_{\text{пш}}$  - швидкість руху пішоходів, км/год.

$C_n$  - вартість пішого руху, грн./год.

Витрати, пов'язані з відходом пасажирів від зупинки,

$$\Theta_2 = \left( \frac{S_{\text{пл}}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{\text{пл}} \cdot k_{\text{во}} \cdot k_{\text{рм}}}{V_{\text{пш}}} \cdot C_n \cdot F_{\text{пл}}. \quad (3)$$

Витрати, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів у транспортному засобі при пересуванні по перегону, визначаються за рівнянням

$$\Theta_3 = C_{\text{нз}} \cdot F_{\text{пл}} \cdot \frac{S_{\text{пл}}}{V_t} \cdot \frac{1}{S_{\text{пл}}} = \frac{C_{\text{нз}} \cdot F_{\text{пл}}}{V_t}, \quad (4)$$

де  $C_{\text{нз}}$  - вартість часу перебування пасажирів в салоні транспортного засобу, грн./год.;

$F_{\text{пл}}$  - пасажиропотік слідування, пас./добу;

$V_t$  - швидкість транспортного засобу, км/год.

Витрати, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів у транспортному засобі при стоянці на зупиночному пункті, визначаються за залежністю

$$\Theta_4 = t_{\text{он}} \cdot C_{\text{нз}} \cdot F_{\text{пл}} \cdot \frac{1}{S_{\text{пл}}}, \quad (5)$$

де  $t_{\text{он}}$  - час стоянки транспортного засобу на зупиночному пункті, год.

Витрати, пов'язані з утриманням зупиночного пункту

$$\Theta_5 = \frac{C_{\text{он}}}{S_{\text{пл}}}, \quad (6)$$

де  $C_{\text{он}}$  - витрати на утримання зупиночного пункту, грн./добу.

Витрати, пов'язані з очікуванням пасажирів транспортних засобів на маршруті, визначаються за рівнянням

$$\Theta_6 = \frac{I}{2} \cdot F_{\text{пл}} \cdot C_{\text{оч}}, \quad (7)$$

де  $I$  - інтервал руху транспортних засобів, год.;

$C_{\text{оч}}$  - вартість часу очікування пасажирів транспортних засобів на зупиночному пункті, грн./год.

Витрати, пов'язані з рухом транспортних засобів на одиницю довжини, визначаються за залежністю



$$\Theta_7 = S_{км} \cdot A_{мс} \cdot \frac{1}{S_{км}} = S_{км} \cdot A_{мс}, \quad (8)$$

де  $S_{км}$  – собівартість перевезень, грн./км;

$A_{мс}$  – кількість транспортних засобів на маршруті, од./добу.

Витрати, пов'язані з викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, визначаються із залежності

$$\Theta_8 = t_{он} \cdot N_2 \cdot C_2 \cdot \frac{1}{S_{км}}, \quad (9)$$

де  $N_2$  – кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, кг/год.;

$C_2$  – вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, грн./кг.

Таким чином, загальні витрати будуть становити:

$$\Theta_{заг} = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \Theta_4 + \Theta_5 + \Theta_6 + \Theta_7 + \Theta_8. \quad (10)$$

Або з урахуванням формул (2)-(9) маємо:

$$\begin{aligned} \Theta_{заг} = & \left( \frac{S_{км}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{нп} \cdot k_{во} \cdot k_{рм} \cdot C_n \cdot F_{вх}}{V_{ниу}} + \\ & + \left( \frac{S_{км}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{нп} \cdot k_{во} \cdot k_{рм} \cdot C_n \cdot F_{вух}}{V_{ниу}} + \\ & + \frac{t_{он} \cdot C_{н2} \cdot F_{сл}}{S_{км}} + \frac{C_{н2} \cdot F_{сл}}{V_t} + \frac{C_{он}}{S_{км}} + \frac{I \cdot F_{вх} \cdot C_n}{2} + \\ & + S_{км} \cdot A_{мс} + \frac{t_{он} \cdot N_2 \cdot C_2}{S_{км}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Оптимальна довжина перегону  $S_{км}$ , що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства, визначається з умови

$$\frac{d\Theta_{заг}}{dS_{км}} = 0. \quad (12)$$

Тоді маємо диференціальне рівняння

$$\begin{aligned} \frac{d\Theta_{заг}}{dS_{км}} = & \frac{k_{нп} \cdot k_{во} \cdot k_{рм} \cdot C_n \cdot F_{вх}}{4 \cdot V_{ниу}} + \frac{k_{нп} \cdot k_{во} \cdot k_{рм} \cdot C_n \cdot F_{вух}}{4 \cdot V_{ниу}} - \\ & - \frac{t_{он} \cdot C_{н2} \cdot F_{сл}}{S_{км}^2} + 0 - \frac{C_{он}}{S_{км}^2} + 0 + 0 - \frac{t_{он} \cdot N_2 \cdot C_2}{S_{км}^2} = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Звідки отримуємо формулу оптимальної довжини перегону  $S_{км}$  на поточній довжині маршруту  $X$

$$S_{км}^{опт} = \sqrt{\frac{2 \cdot V_{ниу} (t_{он} \cdot C_{н2} \cdot F_{сл} + C_{он} + t_{он} \cdot N_2 \cdot C_2)}{F_{вх} \cdot k_{нп} \cdot k_{во} \cdot k_{рм} \cdot C_n}}. \quad (14)$$

Пасажиропотоки  $F_{вх} = F_{вух}$  в розрізі доби є рівними між собою величинами, тому у виразі (14) мають вигляд  $2F_{вх}$ .

Залежність (14) є складною та багатофакторною, в результаті чого завдання оптимізації довжини перегону  $S_{\text{опт}}$  не може вирішуватися ізольовано без врахування інших факторів.

За допомогою співвідношення витрат і довжини перегону  $\Theta_{\text{заг}}(S)$  (рис. 2) було досліджено зміни в загальних витратах при роботі зупиночних пунктів

$$\Theta_{\text{заг}} = a \cdot S + \frac{b}{S} + \frac{c}{S} + \frac{d}{S} + f \cdot S + g, \quad (15)$$

де

$$a = \frac{F_{\text{вх}} \cdot k_{\text{ин}} \cdot k_{\text{во}} \cdot k_{\text{рм}} \cdot C_n}{2 \cdot V_{\text{ниу}}}, \quad (16)$$

$$b = t_{\text{он}} \cdot C_{\text{нз}} \cdot F_{\text{вх}}, \quad (17)$$

$$c = C_{\text{он}}, \quad (18)$$

$$d = t_{\text{он}} \cdot N_z \cdot C_z, \quad (19)$$

$$f = \frac{C_{\text{нз}} \cdot F_{\text{вх}}}{V_t} + S_{\text{км}} \cdot A_{\text{мс}}, \quad (20)$$

$$g = \frac{2F_{\text{вх}} \cdot k_{\text{ин}} \cdot k_{\text{во}} \cdot k_{\text{рм}} \cdot C_n}{3\delta \cdot V_{\text{ниу}}} + \frac{I \cdot F_{\text{вх}} \cdot C_n}{2}. \quad (21)$$

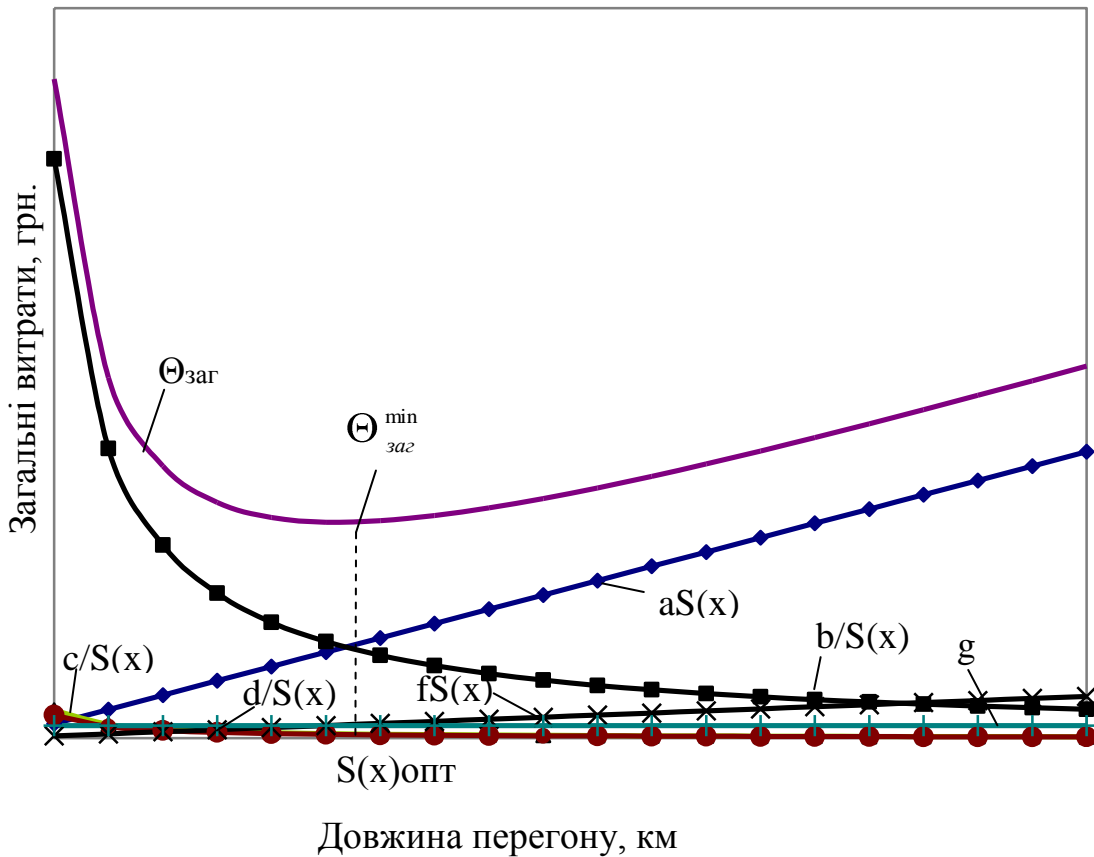


Рис. 2. Залежність сукупних витрат суспільства, пов'язаних з роботою зупиночних пунктів МПТ від довжини перегону

Із графіка (рис. 2) видно, що вагомою складовою, яка збільшує загальні витрати є витрати, що пов'язані з підходом (відходом) до (від) зупиночного пункту, а саме вартісна оцінка пішого руху. А так як середні величини економічних параметрів для кожної галузі знаходяться в широкому діапазоні, то для визначення вартісних оцінок складових часу переміщення було проведено анкетування пасажирів.

В результаті анкетування було визначено індивідуальну оцінку вартості часу пішого руху пасажирів до зупиночних пунктів МПТ, графічне зображення якої наведено на рис. 3. В результаті було визначено вид моделі та проведено оцінку ступеня відповідності, а результати розрахунків зведено до табл. 1.



Рис. 3. Графік залежності вартості часу пішого руху пасажирів від середньомісячних доходів

Таблиця 1

**Характеристика моделей зв'язку вартості часу пішого руху пасажирів і середньомісячних доходів**

Вид моделі	Вигляд моделі	Коефіцієнт кореляції, $R$	Середня помилка апроксимації, $\varepsilon$ , %
лінійна	$C_{II} = 0,0048 \cdot Д + 2,129$	0,9743	8,39
степенева	$C_{II} = 0,0592 \cdot Д^{0,7023}$	0,9564	9,12
експоненціальна	$C_{II} = 5,7888 \cdot e^{0,0003 \cdot Д}$	0,9908	8,13
логарифмічна	$C_{II} = 9,8457 \cdot \ln(Д) - 61,58$	0,8977	16,02
поліноміальна другого степеня	$C_{II} = 8 \cdot 10^{-7} \cdot Д^2 + 0,0003 \cdot Д + 6,9804$	0,9941	4,67
поліноміальна третього степеня	$C_{II} = 4 \cdot 10^{-11} \cdot Д^3 + 5 \cdot 10^{-7} \cdot Д^2 + 0,0011 \cdot Д + 6,4927$	0,9942	3,72

Ще однією вагомою складовою загальних витрат є витрати пов'язані з викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України №303, автобуси відносяться до пересувних джерел забруднення, і нормативи збору за викиди забруднених речовин встановлюються залежно від виду пального.

Кількість пального витраченого при роботі транспортного засобу на холостому ході, можна визначити за формулою

$$N_{II} = g_e \cdot N_e, \quad (22)$$

де  $g_e$  - питомі витрати пального двигуном, л/кВт·год;

$N_e$  - потужність двигуна, кВт.

Тому при визначенні впливу екологічної складової, вартість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів  $C_e$  визначена у гривнях за літр палива.

У подальшому було визначено відповідні межі кожної складової формули (14) (табл. 2) та побудовано характеристичні графіки (рис. 4-6) залежності довжини перегону від факторів, що характеризують систему МПТ.

Таблиця 2

### Характеристика факторів системи МПТ

Фактор	Межі зміни параметра
Коефіцієнт непрямолінійності підходу, $k_{nn}$	1,2-1,4
Коефіцієнт вибору зупиночного пункту, $k_{\infty}$	1,1-1,3
Коефіцієнт рельєфу місцевості, $k_{pm}$	1,15-1,35
Вартість пішого руху, $C_n$ , грн./год	5-15
Вхідний пасажиропотік, $F \leftarrow_{\infty}$ , пас./добу·км	2000-18000
Швидкість руху пішохода, $V_{niu}$ , км/год	4-6
Час стоянки транспортного засобу на зупиночному пункті, $t_{on}$ , с	15-30
Вартість часу перебування пасажирів в салоні транспортного засобу, $C_{nz}$ , грн./год	2,5-7,5
Пасажиропотік слідування, $F \leftarrow_{ca}$ , пас./добу	2000-18000
Витрати на утримання зупиночного пункту, $C_{on}$ , грн./добу	50-150
Вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, $C_e$ , грн./л	6,7-16,7
Питомі витрати пального двигуном, $g_e$ , л/кВт·год	0,1-0,3
Потужність двигуна, $N_e$ , кВт	100-200

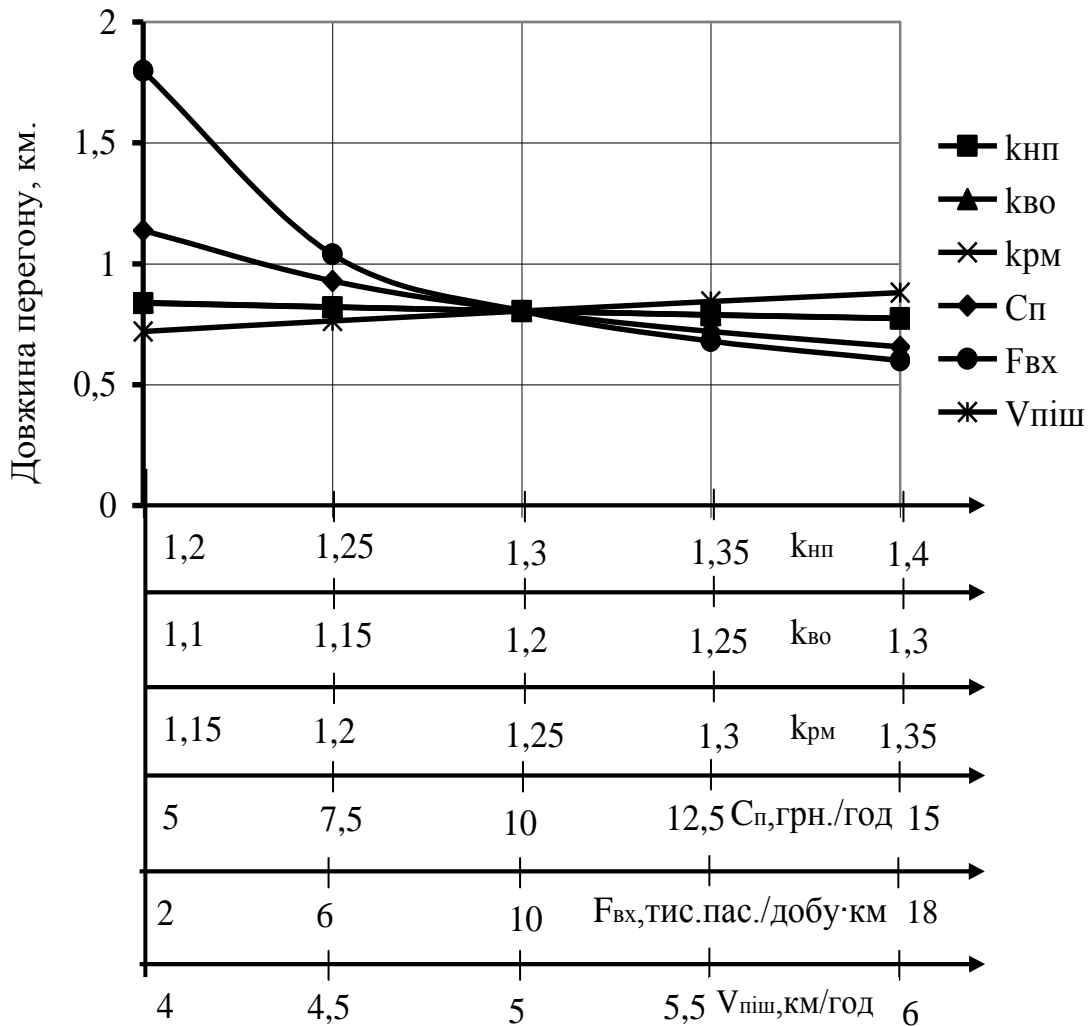


Рис. 4. Графіки зміни довжини перегону від складових, пов'язаних з підходом до зупиночного пункту

Аналіз характеристикних графіків (рис. 4-6) показав, що на довжину перегону істотно впливають пасажиропотоки  $F_{вх}$  і  $F_{сл}$  і відповідні їм вартісні оцінки  $C_n$ ,  $C_{нз}$ .

Наступним етапом було визначення довжини перегону при різних співвідношеннях пасажиропотоків  $F_{вх}$  і  $F_{сл}$ .

При вхідному пасажиропотоці  $F_{вх} = 2000$  пас./добу·км і пасажиропотоці слідування  $F_{сл} = 2000$  пас./добу довжина перегону складає

$$S_{опт} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot (0,083 \cdot 5 \cdot 2000 + 100 + 0,556 \cdot 150 \cdot 0,2 \cdot 11,7)}{2000 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 10}} = 0,537 \text{ км.}$$

Результати розрахунків для інших співвідношень пасажиропотоків проводилися аналогічно та наведені в табл. 3 та рис. 7.

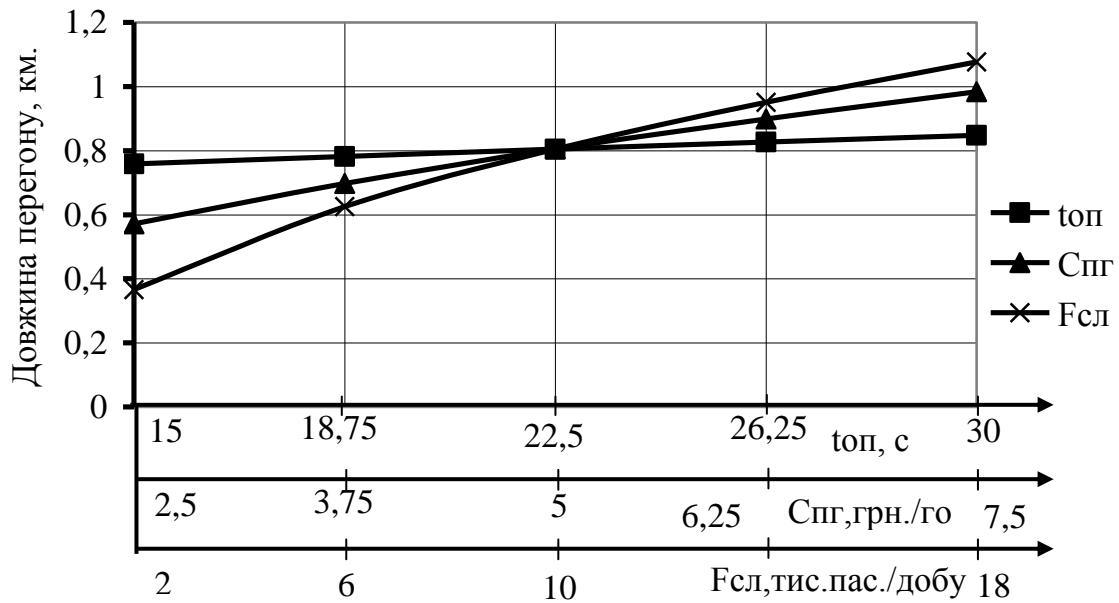


Рис. 5. Графіки зміни довжини перегону від складових, пов'язаних з маршрутною поїздкою пасажирів у транспортному засобі

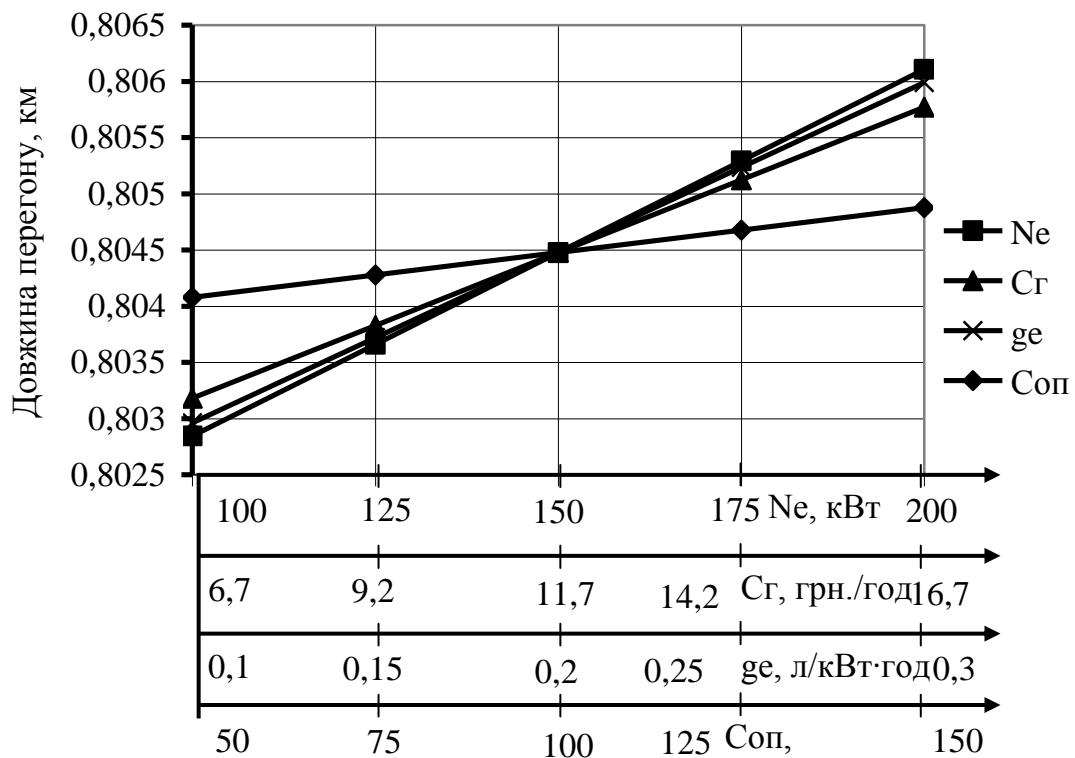


Рис. 6. Графіки зміни довжини перегону від складових, пов'язаних з утриманням зупиночного пункту та викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів

### Результати моделювання довжини перегону

Вхідний пасажиропотік, $F_{\text{вх}}$ , пас./добу·км	Довжина перегону при пасажиропотоці слідування, $F_{\text{сл}}$ , пас./добу								
	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000
2000	0,537	0,708	0,845	0,963	1,068	1,163	1,251	1,334	1,411
4000	0,38	0,501	0,598	0,681	0,755	0,822	0,885	0,943	0,998
6000	0,31	0,409	0,488	0,556	0,616	0,671	0,722	0,77	0,815
8000	0,269	0,354	0,423	0,481	0,534	0,582	0,626	0,667	0,706
10000	0,24	0,317	0,378	0,431	0,477	0,52	0,56	0,596	0,631
12000	0,219	0,289	0,345	0,393	0,436	0,475	0,511	0,544	0,576
14000	0,203	0,268	0,319	0,364	0,404	0,44	0,473	0,504	0,533
16000	0,19	0,25	0,299	0,34	0,377	0,411	0,442	0,471	0,499
18000	0,179	0,236	0,282	0,321	0,356	0,388	0,417	0,445	0,47

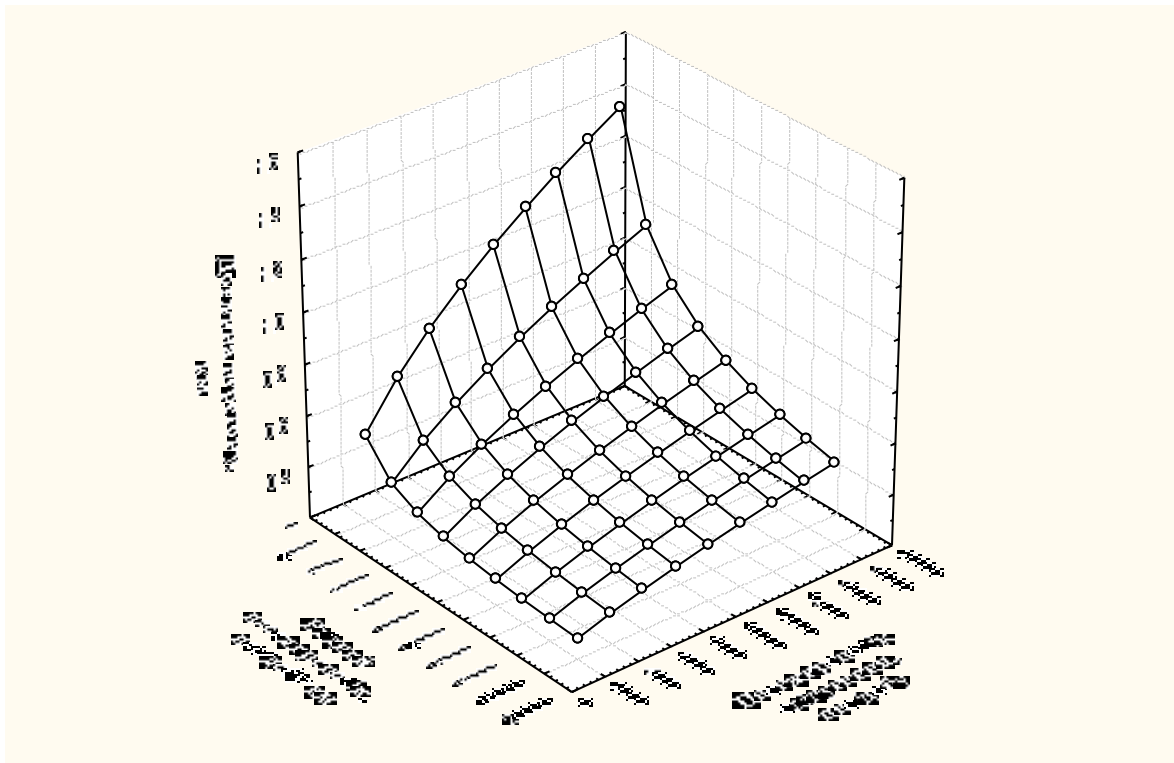


Рис.7. Залежність довжини перегону при різних співвідношеннях пасажиропотоків

Запропонований підхід дає можливість врахувати інтереси та витрати пасажирів, які знаходяться в салоні транспортного засобу, і тих, які користуються даним зупиночним пунктом.

В четвертому розділі запропоновано критерій, ступінь небезпеки конфліктних точок перетинання пішохідних і транспортних потоків, для

визначення місця розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту в межах площі, що утворена перехрестям вулиць і доріг. Розроблено рекомендації щодо розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту.

Існує певна ймовірність виникнення конфліктної ситуації між транспортними та пішохідними потоками. Таку ймовірність було отримано Є.М. Лобановим в аналітичному вигляді як ступінь небезпеки конфліктних точок перетинання пішохідних і транспортних потоків:

$$G_n = 0,0025 + 0,00092 \sum_{i=1}^k (N_{Ti} \cdot \sqrt[4]{N_{Pi}}), \quad (23)$$

де  $N_{Ti}$  – годинна інтенсивність руху транспортних потоків у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год.;

$N_{Pi}$  – годинна інтенсивність руху пішоходів у конфліктній точці пішохідного переходу, піш./год.;

$k$  – кількість точок, в яких конфліктують транспортні та пішохідні потоки.

Використовуючи цей критерій, можна визначити сумарну ступінь небезпеки конфліктних точок перетинання транспортних і пішохідних потоків за всіма можливими напрямками.

Для визначення можливого місця розташування зупиночного пункту до чи після площі в напрямку 1-3 (рис. 8) при різних співвідношеннях транспортних (табл. 4, 5) і пішохідних (табл. 6) потоків було розраховано ступінь небезпеки конфліктних точок.

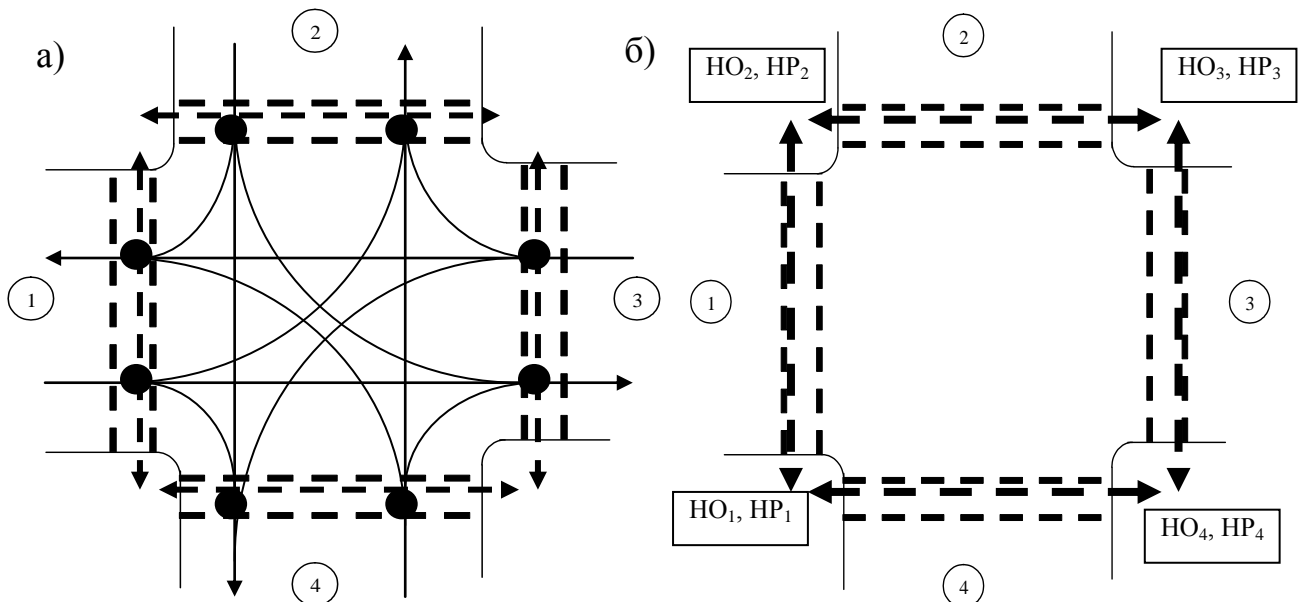


Рис. 8. Схема площі, що утворена перехрестям вулиць і доріг з:  
а) транспортними та пішохідними потоками; б) напрямками пішохідних потоків,  
що утворюють кореспонденції:

—→ - транспортний потік;

← -→ - пішохідний потік;

● - конфліктна точка;

HO<sub>i</sub>, HP<sub>i</sub> - обсяг відправлення та прибуття пасажирів, пас./год.;



Таблиця 4

**Інтенсивність руху транспортних засобів на площі (приклад 1)**

Підхід площі	Напрямок руху	Інтенсивність руху транспортних засобів, $N_i$ , авт./год.	Сумарна інтенсивність по підходу, авт./год.	
			в прямому	в зворотному
1	1-2	60	710	560
	1-3	530		
	1-4	120		
2	2-1	70	790	750
	2-3	100		
	2-4	620		
3	3-1	380	520	730
	3-2	90		
	3-4	50		
4	4-1	110	810	790
	4-2	600		
	4-3	100		

Таблиця 5

**Інтенсивність руху транспортних засобів на площі (приклад 2)**

Підхід площі	Напрямок руху	Інтенсивність руху транспортних засобів, $N_i$ , авт./год.	Сумарна інтенсивність по підходу, авт./год.	
			в прямому	в зворотному
1	1-2	80	525	610
	1-3	325		
	1-4	120		
2	2-1	70	740	690
	2-3	100		
	2-4	570		
3	3-1	430	580	525
	3-2	110		
	3-4	40		
4	4-1	110	740	690
	4-2	500		
	4-3	100		

Таблиця 6

**Обсяг відправлення та прибуття пасажирів**

Підхід площі	Обсяг пасажирів, пас./год.			
	приклад 1		приклад 2	
	по відправленню	по прибуттю	по відправленню	по прибуттю
1	150	170	150	290
2	80	70	80	70
3	100	110	80	50
4	110	90	110	90

Результати розрахунків ступеню небезпеки конфліктних точок перетинання пішохідних і транспортних потоків для обох прикладів наведено в табл. 7.

Таблиця 7

### Результати розрахунків ступеня небезпеки

Номер прикладу	Сумарна ступінь небезпеки конфліктних точок перетинання пішохідних і транспортних потоків, $G_n$ , ДТП/рік	
	зупиночний пункт до площі	зупиночний пункт після площі
1	19,04	18,9
2	15,97	17,1

Аналіз розрахунків свідчить, що в першому випадку розташування зупиночних пунктів доцільно після площі, в іншому – до площі. Таким чином, запропонований нами критерій у певній мірі надає рекомендації щодо розташування зупиночних пунктів до чи після площі.

Для автоматизації розрахунку визначення місця розташування зупиночних пунктів МПТ був розроблений алгоритм (рис. 9).

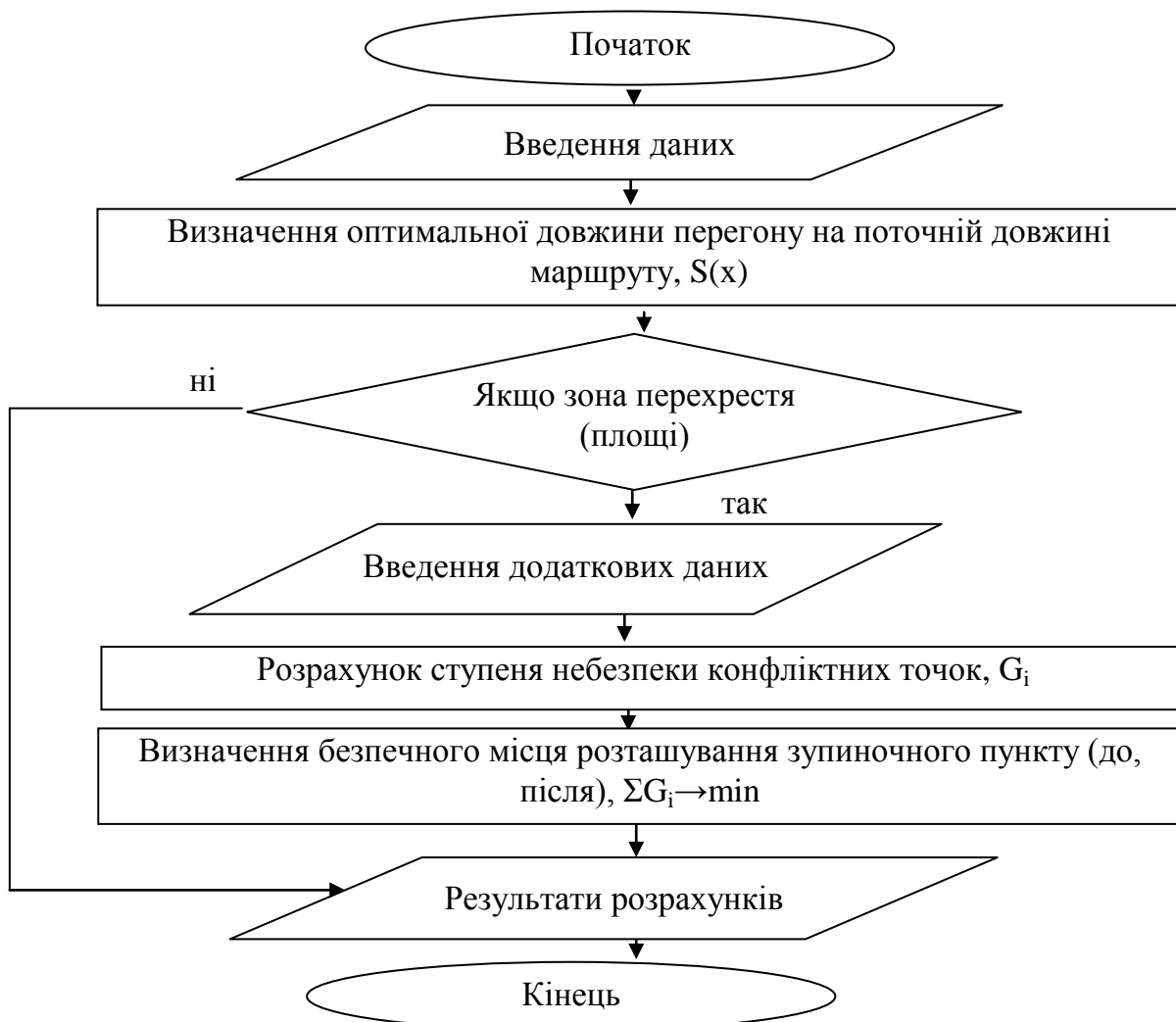


Рис. 9. Схема алгоритму визначення раціонального місця розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз існуючих методів визначення місця розташування зупиночних пунктів МПТ по всій довжині маршруту показав, що вони мають здебільшого рекомендаційний характер і не в повній мірі враховують існуючі пасажиропотоки, що не сприяє якісному плануванню транспортної системи міста.

2. Запропонована математична модель визначення оптимальної довжини перегону на будь-якій поточній довжині маршруту дозволила встановити загальні закономірності впливу факторів системи міського пасажирського транспорту на оптимальну довжину перегону з урахуванням сукупних витрат суспільства.

3. На оптимальну довжину перегону прямо пропорційно впливають швидкість руху пішохода, час стоянки транспортного засобу на зупиночному пункті, вартість часу перебування пасажирів в салоні транспортного засобу, пасажиропотік на перегоні, витрати на утримання зупиночного пункту, вартість впливу на довкілля шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, питомі витрати пального транспортного засобу та потужність двигуна, обернено пропорційно – вартість пішого руху та вхідний пасажиропотік.

4. Проведені дослідження дозволяють виявити закономірності впливу величини пасажиропотоків та інших факторів системи міського пасажирського транспорту на оптимальну довжину перегону. При цьому є можливість врахувати окремо й у сукупності витрати пасажирів, які знаходяться в салоні транспортного засобу, і тих, які користуються даним зупиночним пунктом.

5. Після подальшого розвитку показника, ступеня небезпеки конфліктних точок перетинання пішохідних і транспортних потоків, дозволяє запропонувати його, як критерій до визначення відносно безпечнішого місця розташування зупиночних пунктів МПТ до чи після площ, утворених перехрестям вулиць і доріг.

6. Рациональне розташування зупиночних пунктів МПТ до чи після площі визначається співвідношенням, по напрямкам руху, пішохідних та транспортних потоків. При цьому постійних закономірностей пріоритетного розташування зупиночних пунктів МПТ до чи після площі визначити не було можливим. Разом з цим, запропонований підхід до визначення місця розташування зупиночних пунктів в межах площі дозволяє однозначно надати пріоритетність місця знаходження зупиночного пункту.

7. Запропонований підхід до визначення оптимальної довжини перегону дозволяє розрахувати останню на будь-якій поточній довжині маршруту, а конкретне розміщення зупинок має бути визначено з умов безпеки руху перетинання пішохідних та транспортних потоків.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Єрмак О.М., Доля В.К. Визначення довжини перегону на маршрутах міського пасажирського транспорту / О.М. Єрмак, В.К. Доля // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2007. – Вип. 85. – С. 104-108.
2. Шутенко Л.М., Єрмак О.М. До моделювання оптимальної довжини перегону на маршрутах міського пасажирського транспорту з урахуванням фактора людини / Л.М. Шутенко, О.М. Єрмак // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – С. 199-200.
3. Єрмак О.М. Визначення впливу величини пасажиропотоку на оптимальну довжину перегону міського пасажирського транспорту / О.М. Єрмак // Восточно-европейский журнал передових технологий. – 2008. – № 5/3(35). – С. 7-9.
4. Єрмак О.М. Визначення місця розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту в межах перехрестя / О.М. Єрмак // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Вип. 84. – С. 338-343.
5. Єрмак О.М. Алгоритм визначення місця розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту / О.М. Єрмак // Восточно-европейский журнал передових технологий. – 2009. – № 1/6(37). – С. 56-58.
6. Доля В.К., Єрмак О.М. Визначення вартості часу руху пасажирів до зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту / В.К. Доля, О.М. Єрмак // Проблеми транспорту. – 2009 – Вип. 6. – С. 206-208.
7. Єрмак О.М., Харченко В.Ф. Щодо вибору методу обстеження пасажиропотоку на маршрутах міського пасажирського транспорту / О.М. Єрмак, В.Ф. Харченко // Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития: материалы VI международной научно-практической интернет-конференции. – Х. : Харк. нац. акад. гор. хоз-ва, 2008. – С. 268-271.
8. Єрмак Е.М. Методы определения стоимости свободного времени / Е.М. Єрмак // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: тезисы II международной научно-практической конференции. – Д. : Днепр. нац. ун-т ж/д тр-та им. акад. В. Лазаряна, 2008. – С. 53-54.
9. Єрмак О.М. Норми визначення довжини перегону та місцезнаходження зупиночного пункту міського пасажирського транспорту / О.М. Єрмак // Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Х. : Харк. нац. акад. міського госп-ва, 2009. – С. 67-68.

## АНОТАЦІЯ

### **Єрмак О.М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківська національна академія міського господарства, Харків, 2010.

Дисертація присвячена розробці підходу до визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства, з урахуванням безпеки руху транспортних засобів та пішоходів. Для цього в ній:

- проаналізовано наукові підходи до визначення місця розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту;
- розроблено математичну модель визначення оптимальної довжини перегону міського пасажирського транспорту;
- досліджено вплив факторів системи міського пасажирського транспорту на довжину перегону, що забезпечує мінімум сукупних витрат суспільства;
- запропоновано критерій по визначенню місця розташування зупиночних пунктів наземного міського пасажирського транспорту в межах площ, що утворенні перехрестям вулиць і доріг;
- розроблено рекомендації щодо розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту.

Запропонований підхід до визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту дозволяє мінімізувати витрати суспільства при плануванні комплексної транспортної системи міста та обирати на площах, що утворенні перехрестям вулиць і доріг відносно безпечніше місце розташування.

**Ключові слова:** міський пасажирський транспорт, зупиночний пункт, довжина перегону, сукупні витрати, пасажиропотік, ступінь небезпеки конфліктних точок транспортних та пішохідних потоків.

## АННОТАЦИЯ

### **Єрмак Е.М. Размещение остановочных пунктов городского пассажирского транспорта. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена разработке подхода к определению рационального местоположения остановочных пунктов городского пассажирского транспорта, который обеспечивает минимум совокупных затрат

общества, с учетом безопасности движения транспортных средств и пешеходов. Выполненный анализ отечественных и зарубежных нормативных документов по размещению остановочных пунктов городского пассажирского транспорта, а также методов определения оптимальной длины перегона показал, что они носят лишь рекомендационный характер и не учитывают широкой гаммы факторов, которые формируют сеть остановочных пунктов. При этом ключевым фактором системы пассажирского транспорта являются пассажиропотоки, влияние которых обуславливает параметры работы всей транспортной системы.

Рассмотрены и обобщены основные методы оценки стоимости времени передвижения пассажиров. Сформулированы выводы относительно определения оптимальной длины перегона с учетом стоимостной оценки составляющих времени передвижения пассажиров.

Предложенная математическая модель оптимальной длины перегона на текущей длине маршрута позволила учесть такие составляющие общих затрат общества, связанных с работой остановочных пунктов, как: затраты, связанные с подходом пассажиров к остановке; затраты, связанные с отходом пассажиров от остановки; затраты, связанные с маршрутной поездкой пассажиров в транспортном средстве при передвижении по перегону; затраты, связанные с маршрутной поездкой пассажиров в транспортном средстве при стоянке на остановочном пункте; затраты, связанные с содержанием остановочного пункта; затраты, связанные с ожиданием пассажиров транспортных средств на маршруте; затраты, связанные с движением транспортных средств на единицу длины; затраты, связанные с выбросом вредных веществ в отработанных газах автомобилей.

В ходе исследования проведен анализ влияния факторов системы городского пассажирского транспорта на длину перегона, где выявлено, что определяющим является соотношение пассажиропотоков входящих и следования и соответствующие им стоимостные оценки. При этом имеется возможность учесть отдельно и в совокупности затраты пассажиров, которые находятся в салоне транспортного средства, и тех, которые пользуются данным остановочным пунктом.

Предложенный критерий, степень опасности конфликтных точек пересечения пешеходных и транспортных потоков при определении местоположения остановочного пункта городского пассажирского транспорта в пределах площади, которые образованы пересечением улиц и дорог, позволяет в определенной мере дать рекомендации относительно расположения остановочных пунктов до или после площади.

Именно на основании данных исследований предложен алгоритм определения местоположения остановочных пунктов городского пассажирского транспорта, который обеспечивает минимум совокупных затрат

общества с учетом безопасности движения транспортных и пешеходных потоков.

**Ключевые слова:** городской пассажирский транспорт, остановочный пункт, длина перегона, совокупные затраты, пассажиропоток, степень опасности конфликтных точек транспортных и пешеходных потоков.

## ABSTRACT

**Yermak O.M. The location of the urban passenger transport stations. - The manuscript.**

The dissertation for a scientific degree of the candidate of engineering sciences in speciality 05.22.01 – transportation systems; Kharkiv national academy of municipal economy, Kharkiv, 2010.

The dissertation is devoted to the development of the rational approach for the efficient location of the urban passenger transport stations, which ensures the minimum total costs to the society and considers the safety of vehicles and pedestrians. To accomplish this tasks: the scientific approaches to the efficient location of the urban passenger transport stations has been analyzed; the target function has been formulated; the mathematical model of optimal route length of the urban public passenger transport has been elaborated; the influence of the urban passenger transport factors on the route length ensuring the minimum total cost to the society has been investigated; the criterion for the determination of urban public passenger transport station location within the intersection of streets and roads has been suggested; the recommendations for the location of the urban public passenger transport station has been developed.

The suggested approach for determining the efficient location of the urban passenger transport stations can minimize the society's cost in the planning of the integrated transport system and choose relatively safe locations at the intersections of streets and roads.

**Keywords:** urban passenger transport, bus station, route length, the total costs, passenger flow, the danger degree of the pedestrian and traffic flows conflict points.

**Єрмак Олена Михайлівна**

**Розташування зупиночних пунктів міського  
пасажирського транспорту**

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

**Відповідальний за випуск *Ю.О. Давідіч***

**Формат 60x84 /16. Ум. друк. арк. 0,9  
Друк на ризографі. Тираж 100 пр. Зам. № 6244**

**Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731 від 19.12.2001**