

УДК 656.142

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ В ЦЕНТРІ МІСТА

Д-р техн. наук В.К. Доля, канд. техн. наук О.М. Єрмак,
асист. І.С. Бугайов

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ В ЦЕНТРЕ ГОРОДА

Д-р техн. наук В.К. Доля, канд. техн. наук Е.М. Єрмак,
ассист. И.С. Бугаев

TO DETERMINE THE PATTERNS OF FORMATION OF PEDESTRIAN FLOWS IN THE CITY CENTER

Doct. of techn. sciences V. Dolya, cand. of techn. sciences O. Yermak,
assistant I. Bugayov

Визначено фактори, що впливають на рівень ефективності функціонування транспортної системи, зокрема в центральній частині міста. Проведено експериментальні дослідження параметрів пішохідних потоків в центральній частині м. Харкова. В результаті було отримано модель функції тяжіння, що описує реальний процес.

Ключові слова: транспортна система, пішохід, функція тяжіння, модель, адекватність.

Определены факторы, влияющие на уровень эффективности функционирования транспортной системы, в частности в центральной части города. Проведены экспериментальные исследования параметров пешеходных потоков в центральной части г. Харькова. В результате была получена модель функции притяжения, которая описывает реальный процесс.

Ключевые слова: транспортная система, пешеход, функция притяжения, модель, адекватность.

Determined that the solution of transport problems in the downtown area needs mistobudivelnih comprehensive research and proper traffic management. Thus for effective planning hubs on the road network of cities, in addition to studying and modeling of traffic flows, it is necessary to pay due attention to pedestrian flows.

A study of factors that shape the efficiency and security of the transportation system of the city.

As a result of experimental studies and modeling parameters pedestrian flows in the central part Kharkiv received gravity model function that describes the actual process of moving pedestrians on the road network.

Keywords: transportation system, pedestrian, function gravity, model, adequacy.

Постановка проблеми. Підвищення ролі транспорту загального користування, безперервне зростання автомобілізації ускладнюють проблему руху в містах, особливо в їх центральних частинах. В результаті складних умов руху, що склалися в міських центрах його безпека значно зменшилася та безперервно зростає аварійність.

Рішення транспортної проблеми в центральній частині міста – задача складна. Вона потребує комплексних містобудівельних досліджень і правильної організації дорожнього руху. Але для ефективного планування транспортних вузлів на вулично-дорожній мережі міст, крім вивчення та моделювання потоків транспортних засобів, необхідно приділяти належну увагу і пішохідним потокам. На жаль, в даний момент у містобудівній практиці організації руху пішохідних потоків по вулично-дорожньої

мережі та, особливо, на її вузлах, практично не приділяється уваги. Основна проблема цього завдання полягає в тому, що поведінку пішоходів важко описати, на відміну від поведінки водіїв.

Тому однією з актуальних проблем міст є організація пішохідних шляхів внутрішньоміських пересувань з урахуванням їх цілей і категорій населення.

Аналіз досліджень і публікацій. Транспортна система міста, як одна з соціально-значущих галузей міського господарства, відіграє велику роль у забезпеченні якості життя міського населення. Автор М. Р. Якимов [1] виділяє такі складові транспортної системи міста (рис. 1):

- дорожньо-транспортний комплекс;
- учасники дорожнього руху;
- оточуюче середовище.

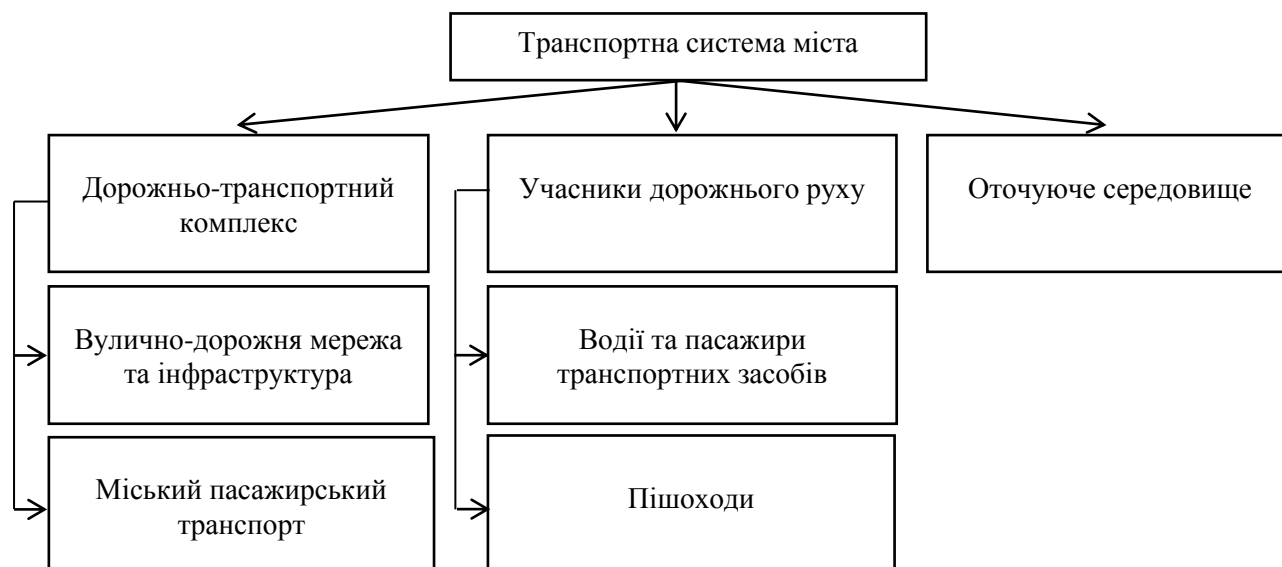


Рис. 1. Структура транспортної системи міста

Загальні питання транспортних та будівельних технологій

Автори [2, 3] визначають такі основні показники, що впливають на рівень ефективності функціонування системи, як (рис. 2):

- 1) рівень автомобілізації;
- 2) організація дорожнього руху;

- 3) містобудівельна політика;
- 4) політика землекористування;
- 5) управління автомобільним транспортом;
- 6) дорожня інфраструктура;
- 7) організація роботи МПТ та ін.

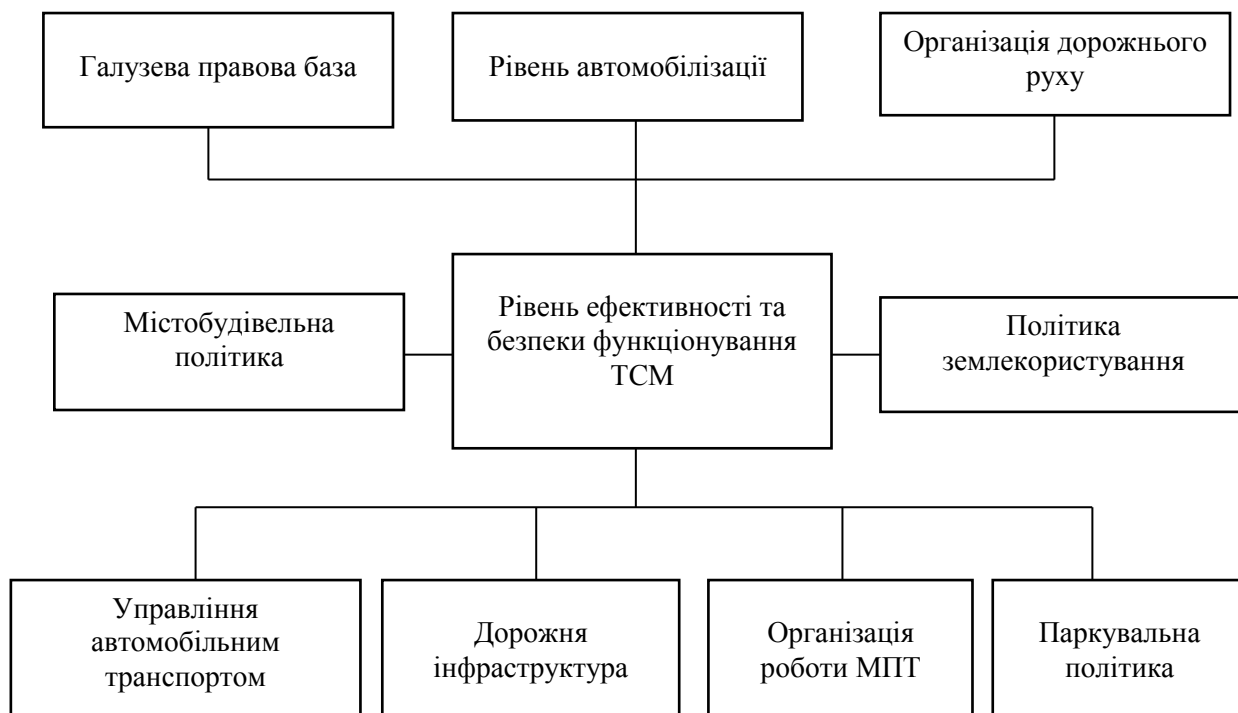


Рис. 2. Фактори, що формують рівень ефективності та безпеки функціонування транспортної системи міста

Так як населення міста в своєму повсякденному житті виконує постійні переміщення від місць проживання до місць прикладання праці, відпочинку, масових заходів та ін., науковцям було запропоновано чіткий розподіл міста на зони, тобто функціональне зонування міста.

Так, в роботі В.Ф. Богацького [4] з точки зору організації основних транспортних зв'язків, територію міста пропонується розділити на такі основні зони (рис. 3):

- 1) приміська зона;
- 2) зона розширення;
- 3) периферія;
- 4) середня зона;
- 5) центр міста.

Рух, пов'язаний з центром, в роботі [5, 6] пропонується розділити на три групи: транзитний, цільовий та внутрішній (рис. 4).

При цьому найбільш ефективним вирішенням питання безпеки руху пішоходів і забезпечення зручного доступу до об'єктів тяжіння досягається при відокремленні транспортних та пішохідних потоків в просторі. Дане рішення реалізується за допомогою створення «безтранспортних зон», призначених виключно для руху пішоходів.

З цієї причини застосування пішохідних зон вимагає комплексного аналізу дорожньо-транспортних умов вже не на локальному, а на мережевому рівні та проведення системи заходів щодо організації дорожнього руху. Різноманіття планувальних рішень зумовлює відмінність можливих варіантів організації пішохідних зон [7].

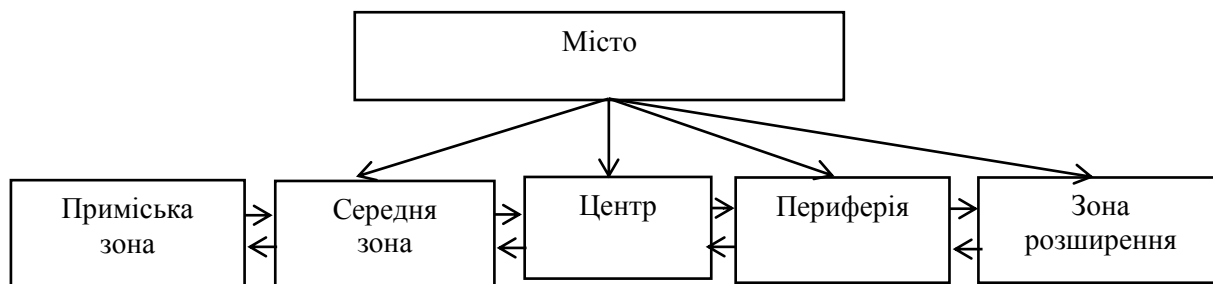


Рис. 3. Структура території міста



Рис. 4. Види руху в загальноміському центрі

Дослідження пішохідних потоків. Для проведення експериментальних досліджень було обрано центральну частину м. Харкова, а саме частину вул. Сумської, обмежену станцією метро Історичний музей та

Університет, включаючи площу Свободи та прилягаючі паркові зони (рис. 5). Для обстеження пішохідних потоків було виділено 38 центрів тяжіння пішоходів.

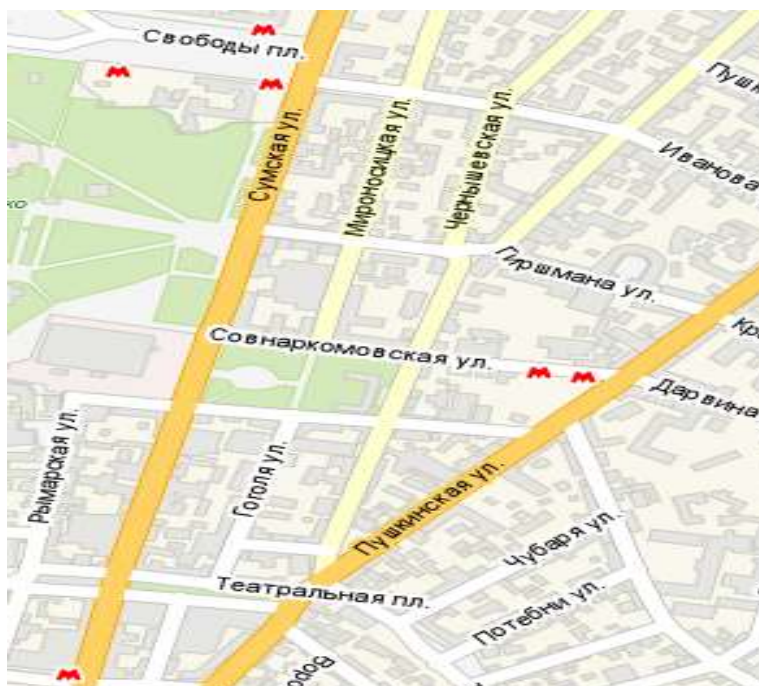


Рис. 5. Карта району досліджень

Оцінка якості функціонування транспортної системи тісно пов'язана зі структурою кореспонденцій між усіма просторовими елементами міста. Матриці кореспонденцій являються важливою інформацією, що характеризує розподіл пішохідних потоків по вулично-дорожній мережі.

Під час досліджень кореспонденції пішоходів між центрами тяжіння об'єкту дослідження визначалися за допомогою натурних досліджень.

В основу отримання матриці кореспонденцій згідно базової гравітаційної моделі покладений фізичний закон тяжіння тіл. Фактично метод розрахунку полягає у пропорційному розподілі ємностей відправлення з транспортних районів на основі значення одного транспортного фактора. Традиційна і найбільше поширена гравітаційна модель побудована на основі наступної гіпотези [8]:

$$b_{ij} = k \cdot HO_i \cdot HP_j \cdot f(\phi_{ij}), \quad (1)$$

де b_{ij} – потенційні кореспонденції між районами, що можуть бути отримані відповідно до повної аналогії гравітаційного закону;

HO_i – обсяг відправлення пасажирів із району i за розрахунковий період;

HP_j – обсяг прибуття пасажирів у район j за розрахунковий період;

$f(\phi_{ij})$ – функція тяжіння, яка відображає відстань або витрати часу та коштів на переміщення з району i у район j ;

k – калібрувальний коефіцієнт.

При даному способі моделювання особливу увагу необхідно приділяти питанню формалізації функції тяжіння [9].

Класична функція тяжіння визначається виходячи з гіпотези про наявність зворотного зв'язку між величиною кореспонденції та відстанню між районами:

$$\phi_{ij} = l_{ij}^{-n}, \quad (2)$$

де l_{ij} – відстань між i -им та j -им районом; n – показник степені.

Тому було проведено розрахунки теоретичних кореспонденцій, використовуючи функцію тяжіння (2) з показниками степені $n = 0,5; 1,1; 1,2; 1,3$. Результати перевірки на адекватність наведені в табл. 1.

Функції тяжіння експоненційної групи в загальному вигляді представляються як:

$$\phi_{ij} = \exp(-\beta \cdot k_{ij}), \quad (3)$$

де k_{ij} – показник, що характеризує ступінь «тяжіння» між i та j транспортними районами; β – емпіричний коефіцієнт.

Таблиця 1

Результати перевірки на адекватність експериментальних та розрахункових значень кореспонденцій піших потоків

Вид моделі функції тяжіння	Середня помилка апроксимації, \mathcal{E} , %
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1}$	266
$\phi_{ij} = \exp(-0,065 \cdot l_{ij}^{0,5}),$	749,9
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-0,5}$	465
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,1}$	55,3
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,2}$	30,5
$\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,3}$	8,58

Так як функція виду $\phi_{ij} = l_{ij}^{-1,3}$ має найменшу похибку апроксимації, а саме 8,58%, то доцільно для практичних розрахунків використовувати саме цю модель.

Висновки і перспективи подальшої роботи. Розрахунки показали, що при збільшенні кількості пішоходів по прибуттю та відправленню щільність пішохідного потоку не деяких ділянках мережі перевищує рекомен-

довану. Тому для комфорту та безпеки переміщення пішоходів виникає необхідність в збільшенні площі пішохідних шляхів. В центрі м. Харкова даний захід можливо реалізувати лише способом заборони руху транспорту по вул. Сумській і відведення її території для пішохідного руху.

В подальшому необхідно визначити моделі функцій тяжіння в інших частинах міста.

Список використаних джерел

1. Якимов, М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах [Текст]: монография / М.Р. Якимов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 175 с.
2. Пугачёв, И.Н. Организация и безопасность дорожного движения [Текст] / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
3. Якимов, М.Р. Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми [Текст]: монография / М.Р. Якимов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 184 с.
4. Богацький, Г.Ф. Городские улицы и городское движение [Текст] / Г.Ф. Богацький. – К.: Будівельник, 1967 – 304 с.
5. Оглы, Б.И. Формирование центров крупных городов Сибири. Градостроительные и социально-культурные аспекты [Текст] / Б.И. Оглы. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1999. – 168 с.
6. Новаковский, М. Транспорт и проектирование центра города [Текст] / М. Новаковский; пер. с польск. — М.: Стройиздат, 1978. — 202 с.
7. Золотов, С.М. Пешеходная зона [Электронный ресурс] / С.М. Золотов. – Режим доступа: <http://nestor.minsk.by/sn/2009/27/92701.html>.
8. Ефремов, И.С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. — М.: Высш. школа, 1980. — 535 с.
9. Доля, В.К. Пасажирські перевезення [Текст] / В.К. Доля. – Харків: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.

Доля Віктор Костянтинович, д-р техн. наук, професор, завідувачий кафедрою транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

Єрмак Олена Михайлівна, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

Бугайов Ігор Сергійович, асистент кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

Victor Dolya, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National University of Municipal Economy named O.M. Beketova.

Olena Yermak, Ph.D., Associate Professor, Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National University of Municipal Economy named O.M. Beketova.

Igor Bugayov, Assistant, Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National University of Municipal Economy named O.M. Beketova.