

Пашкевич<sup>1</sup> С.М., Кристопчук<sup>1</sup> М.Є.

<sup>1</sup> *Національний університет водного господарства та природокористування*

## АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У МІСТАХ

Проведено аналіз результатів досліджень параметрів впливу розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, зокрема автовокзалів та транспортно-пересадкових вузлів в плані міста, на просторовий розвиток міста залежно від планувальних особливостей транспортної мережі. Встановлено, параметри функціонування автовокзалів та їх вплив на формування транспортних потоків та розподіл пасажирських кореспонденцій на маршрутній мережі міста.

**Ключові слова:** транспортні потоки, пасажирські потоки, транспорт, інфраструктура, моделювання, ефективність.

**Формування проблеми.** В умовах постійно зростаючої мобільності населення, безперервного розвитку взаємозв'язків між містом та іншими населеними пунктами підвищуються вимоги до транспортної інфраструктури, взаємодії її елементів у транспортних вузлах. Важливими елементами транспортної інфраструктури міста є вокзали. Від раціонального розміщення об'єктів транспортної інфраструктури у містах багато в чому залежать ефективність використання різних видів транспорту, рівень транспортного обслуговування населення, просторовий розвиток міста та комфортність міського середовища.

Автори [1-3] терміном «транспортна інфраструктура» описують підсистему, без якої неможливе функціонування будь-якого міста, у зв'язку з цим саме місто розглядається як високоефективна, організована система руху, яка раціонально взаємозв'язує простір і процеси, які впливають на соціальну діяльність мешканців міст. У роботах [2-5] до об'єктів транспортної інфраструктури відносять як саму вулично-дорожню мережу і маршрути транспорту на ній, так і рухомий склад і об'єкти обслуговування і сервісу, а також технічні засоби організації руху. Таким чином, об'єкти транспортної інфраструктури класифікують за такими групами [2,3]: вулично-дорожня мережа; зовнішній транспорт та транспортно-пересадочні вузли (автовокзали, вокзальні комплекси, автостанції); маршрутна мережа міського пасажирського транспорту, зупинки, рухомий склад; обслуговуючі об'єкти; об'єкти автосервісу; транспортні розв'язки і пішохідні переходи; технічні засоби регулювання дорожнім рухом; нові види об'єктів транспортної інфраструктури.

Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського сполучення, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці за розосередженими транспортними районами. Прийняття рішень про зміну маршрутних систем є складним завданням, що торкається інтересів великої кількості громадян та має значне соціальне й економічне значення, а стійкість та безпека функціонування транспортного комплексу міста є одним з основоположних завдань при розробці стратегії просторового розвитку населеного пункту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Місце транспортно-пересадочного вузла (наприклад вокзалу) у транспортній інфраструктурі визначає його транспортну роботу, тобто, організацію взаємодії внутрішніх і приміських зв'язків, міського та міжміського сполучення. В ієрархічній структурі елементів міста значення транспортно-пересадочних вузлів визначається масштабами зон їх впливу (міжміські, загальноміські або районні) і, відповідно, доступністю вузла, його транспортною і функціональною структурою. Таким чином, мережа транспортно-пересадочних вузлів є основним конструктивним елементом просторово-планувальної організації міста. Транспортно-пересадочні вузли у складі мережі концентрують в собі інформацію про кількість, потужність, розподіл пасажиропотоків по мережі. Конфігурація і структура мережі впливає на функціонально-планувальну організацію окремого вузла, визначає його раціональне розташування у місті. Мережа транспортно-пересадочних вузлів являє собою відгалуження транспортних магістралей міст, завдяки її розростанню розширюються зв'язки між центрами міст і приміськими територіями, містами-супутниками і агломераціями.

Одним із шляхів скорочення витрат часу населенням міст, що на даний час вважається основним критерієм ефективності функціонування міських пасажирських транспортних систем, удосконалення транспортно-планувальної організації пересадочних вузлів, які є елементом транспортної мережі міста і багато в чому визначають її належне функціонування. Дослідженням пересадочних вузлів займається багато авторів. В роботі авторів [2,3] систематизована класифікація транспортно-пересадочних вузлів та їх значення у функціонуванні міського транспортного комплексу, а в роботі [5] наведено результати досліджень раціонального розташування автобусних транспортно-пересадочних вузлів у містах. Однак, для переважної більшості міст, система управління транспортним комплексом є недосконалою, що дає підстави стверджувати про наявність резервів та гостру необхідність щодо її удосконалення. Ця система перебуває у стадії реорганізації і не відповідає сучасним вимогам управління багатокомпонентними інфраструктурними об'єктами, що є складовими загальної соціально-економічної та транспортної інфраструктури.

При розташуванні вокзалу в місті необхідно враховувати сукупність інфраструктурних об'єктів у пунктах примикання або перетинання відповідних магістралей різних видів зовнішнього транспорту (залізничного, автомобільного), а також міського пасажирського транспорту, які спільно виконують операції по освоєнню транзитних, далеких, місцевих, приміських та міських перевезеннях пасажирів.

У великих містах з розвиненою транспортною інфраструктурою можливі наступні основні поєднання взаємодіючих видів транспорту:

- залізничний, включаючи регіональні (експресні) і приміські лінії - міський рейковий транспорт (метрополітен, трамвай);
- залізничний - наземний міський транспорт;
- метрополітен - наземний міський транспорт тощо.

Аналіз розміщення транспортно-пересадочних вузлів [2,3] у містах вказує, що головні вузли знаходяться переважно поблизу загальноміського центру (і в самому центрі), а також в серединній, рідше, у периферійній зонах міста.

На розміщення транспортно-пересадочних вузлів на плані великого міста з переростанням їх в суспільно-транспортні центри багато в чому впливає розташування вокзалів різних видів зовнішнього транспорту (залізничного, морського, річкового, автомобільного і повітряного), що є також найважливішими міськими пересадочними вузлами.

Основний обсяг пасажирських перевезень в зоні впливу найзначніших міст припадає на рейковий, переважно залізничний, та автобусний види транспорту. При цьому, якщо автобусні маршрути з передмість і віддалених місць (рейсові, туристичні, міжміські) закінчуються, як правило, в периферійних зонах міста, то пасажирські електропоїзди прибувають на кінцеві головні станції (вокзали), розташовані частіше поблизу центру міста.

**Формулювання мети.** Метою роботи є виявлення підходів до раціонального розташування об'єктів транспортної інфраструктури та впливу розташування на просторовий розвиток міста у взаємозв'язку з розподілом пасажирських кореспонденцій та транспортних потоків по транспортній мережі міста.

**Виклад основного матеріалу.** Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи елементів транспортної інфраструктури.

Для розвантаження найбільш напружених ділянок транспортної мережі вкрай необхідне залучення автобусів великої і особливо великої місткості. Одним із шляхів виходу із цієї ситуації є формування раціональної маршрутної системи міста. Під час формування раціональної маршрутної системи міста мають бути враховані наступні вимоги: міські маршрути повинні зв'язувати найкоротшим шляхом пасажиро-утворюючі пункти міста, промислові підприємства, вокзали, ринки, центр міста тощо; кількість маршрутів має відповідати потребі пасажирів у безпересадочних сполученнях; рівномірна завантаженість маршрутів по всій довжині; скоординованість міських маршрутів з приміським сполученням.

Враховання названих вимог щодо раціоналізації маршрутної системи дозволить: шляхом раціонального розподілу транспортних засобів між маршрутами розосередити їх за основними пасажироутворюючими напрямками; ліквідувати ділянки транспортної системи, які дублюються автобусами, тролейбусами; підвищити середній коефіцієнт використання місткості з дотриманням належного рівня комфорності.

Аналіз попиту на перевезення доцільно здійснювати згідно з класичною чотирьох-етапною схемою. Традиційний підхід до визначення місць концентрації поїздок полягає у використанні “синтетичних” моделей. Однією з найбільш широко використовуваних є гравітаційна модель, заснована на фізичному законі. Гравітаційна модель ґрунтується на твердженні, що величина потоків, як значення функції, зменшується при збільшенні відстані між зонами транспортного обслуговування. При цьому розглядається гіпотеза про те, що поїздки між зонами  $i$  та  $j$  – це функція двох змінних: поїздок, які утворюються в зоні  $i$ , та відносної привабливості або доступності зони  $j$  по відношенню до всіх зон [4].

В загальному випадку, задаються обсяги генерування поїздок  $T_i$ , отже об’єм кореспонденцій  $T_{ij}$  для фіксованої зони  $i$  повинен бути рівним  $T_i$ , тобто відповідати обмеженню:

$$T_i = \sum_j T_{ij}, \quad \forall i, j. \quad (1)$$

В такому випадку гравітаційна модель набуває вигляду:

$$T_{ij} = T_i \frac{X_j^a f(t_{ij})}{\sum_{j=1} X_j^a f(t_{ij})}, \quad \forall i, j, \quad (2)$$

де  $X_j^a$  – певний вимір рівня привабливості зони призначення  $j$ ;

$f(t_{ij})$  – функція відстані або узагальненої вартості пересування  $c_{ij}$  між зоною походження  $i$  та призначення  $j$ , що може бути задана деякими альтернативними формами.

Для практичного рішення задач транспортного планування більш перспективним є підхід „модельовання поведінкового попиту”, який виступає альтернативою ентропійного підходу і базується на понятті функції привабливості (корисності).

Після встановлення величини пасажиропотоків у транспортній системі особливої ваги набуває оптимальне планування мереж, покращення організації руху, оптимізація системи маршрутів громадського транспорту, що є основою побудови математичних моделей для визначення і прогнозування параметрів функціонування транспортної мережі, таких як інтенсивність руху на елементах мережі, обсяг перевезень громадського транспорту, середні швидкості руху, затримки та втрати часу тощо, тобто для побудови прогнозних моделей.

Прогнозні моделі призначені для вирішення задач при відомих геометрії та характеристиках транспортної мережі, а також розміщення поточотвірних об’єктів. Необхідно дати прогноз завантаження транспортної мережі, що буде містити в собі деякі усереднені характеристики руху, такі як обсяг міжрайонних кореспонденцій, інтенсивність потоку, розподіл автомобілів і пасажирів по шляхах руху та ін. Такі моделі дозволяють прогнозувати наслідки змін у транспортній мережі або в розміщенні об’єктів транспортної інфраструктури.

Завантаження транспортної мережі визначається кількістю транспортних засобів, які використовують для руху кожен елемент мережі. Моделювання завантаження полягає в розподілі міжрайонних кореспонденцій за конкретними шляхами, що з’єднують пари районів. Вихідними даними виступає набір матриць кореспонденцій, що відносяться до переміщень різних видів або різних класів користувачів.

Відомі два підходи до моделювання розподілу транспортних потоків: нормативний та дескриптивний. У нормативних моделях розподіл транспортних потоків здійснюється на основі оптимізації деякого глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі. Як правило це виражена в тій або іншій формі мінімізація сумарних витрат. В основу дескриптивного підходу покладено принцип, відповідно до якого кожен учасник прагне мінімізувати власні витрати. У результаті задача прогнозування транспортних потоків може розглядатися як окремий випадок пошуку рівноваги за Нешем в грі  $n$  осіб. Формально ця поведінка описується у вигляді принципів Вардропа: усі шляхи, які з’єднують райони  $p$  і  $q$ , що використовуються для руху представниками кореспонденції  $F_{pq}$ , мають однакову вартість; ціна будь-якого шляху між районами  $p$  і  $q$ , що не використовується для руху, перевищує ціну використовуваних шляхів.

Слід зазначити, що вибір шляху деякими користувачами збільшує завантаження елементів мережі, які входять у даний шлях. У результаті відбувається збільшення узагальненої ціни цих елементів, це, у свою чергу впливає на оцінку і вибір шляху іншими користувачами. Таким чином, вибір, здійснений одними учасниками руху, побічно впливає на вибір, виконаний іншими.

Найбільш ефективною моделлю, що повною мірою враховує фактор взаємного впливу користувачів, є модель, заснована на пошуку рівноважного розподілу, один з варіантів якої має

вигляд задачі, що розглядається для розподілу користувачів одного класу. Вводимо такі позначення:  $I$  – множина вузлів мережі;  $V$  – множина дуг мережі;  $\square V_i^+$  – множина дуг, що входять у вузол  $i \in I$ ;  $V_i^-$  – множина дуг, що виходять з вузла  $i \in I$ ;  $P$  – множина джерел;  $Q$  – множина стоків;  $u_{ij}$  – сумарний потік по дузі  $(i, j) \in V$ ,  $u_{ij}^{pq}$  – потік по дузі  $(i, j) \in V$  представників кореспонденції  $pq$ ;  $u_{(ij)1(ij)2}^{pq}$  – потік на поворот із дуги  $(ij)1 \in V$  на дугу  $(ij)2 \in V$  представників кореспонденції  $pq$ ;  $F_{pq}$  – величина кореспонденції  $pq$ . Сумарні потоки на дугах пов'язані з потоками представників окремих кореспонденцій:

$$u_{ij} = \sum_{p \in P, q \in Q} u_{ij}^{pq}, \quad (i, j) \in V. \quad (3)$$

Допустиме рішення виражає „закон збереження” користувачів у мережі:

$$\left. \begin{aligned} u_{(ij)1}^{pq} &= \sum_{(i,j)1 \in V_i^+} u_{(ij)1(ij)2}^{pq}, \quad (i, j)1 \in V_i^-; \\ u_{(ij)2}^{pq} &= \sum_{(i,j)2 \in V_i^-} u_{(ij)1(ij)2}^{pq}, \quad (i, j)2 \in V_i^+; \end{aligned} \right\} \forall i \in I, (p, q) \in (P \times Q). \quad (4)$$

Баланс за величинами кореспонденцій для джерел і стоків:

$$F_{pq} = \sum_{(p,j) \in V_p^+} u_{pj}^{pq} = \sum_{(i,q) \in V_q^-} u_{iq}^{pq}, \quad p \in P, q \in Q. \quad (5)$$

Цінова функція  $c_{ij}(u)$  виражає вартість проходження сумарним потоком  $u$  дуги  $(i, j) \in V$ . За ціновою функцією будемо інтегральну цінову функцію:

$$C_{ij}(u) = \int_0^u c_{ij}(v) dv, \quad (i, j) \in V. \quad (6)$$

Таким чином, у прийнятих позначеннях модель рівноважного розподілу формулюється у вигляді задачі оптимізації:

$$f(u) = \min_u \sum_{(i,j) \in V} C_{ij}(u) \quad (7)$$

при обмеженнях (3) – (5). Отже, модель (7) при обмеженнях (3)-(5) можна використовувати для розподілу потоків по мережі, а гравітаційну – для розподілу пасажирських кореспонденцій між взаємодіючими інфраструктурними об'єктами.

Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи елементів транспортної інфраструктури.

Аналіз параметрів просторового взаємовпливу об'єктів інфраструктури [1-3,5] вказує, що кожний об'єкт має  $n$ -мірну просторову орієнтацію, тобто кожна одиниця характеризується одномірним розподілом значень інтенсивності зв'язків  $P_{ij}$ :  $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1l}, \dots, P_{1k}$ , де  $P_{11}$  – зв'язки всередині об'єкта або іншої елементарної одиниці;  $2, \dots, l, \dots, k$  – множина інших одиниць, з якими присутні зв'язки.

На основі розподілу зв'язків можна одержати поле розсіювання початкових і кінцевих кореспондуючих пунктів.

Показники взаємовпливу є неоднорідними, та їх складно описати функціональними залежностями. Це пов'язано з великою неоднорідністю характеристичних параметрів кожного окремого об'єкта. Тому, для встановлення кількісних показників доцільно використати методику [6-8], основні положення якої наведені нижче.

Територію дослідження можна подати у вигляді множини точкових інфраструктурних об'єктів  $\{P_i\}$  з набором параметрів, що їх характеризують.

Побудова графової моделі базується на припущеннях:

- вершини графа – інфраструктурні об'єкти (подані як точкові), з визначеними на основі обробки геоінформаційних даних координатами  $x_i$ ,  $y_i$  й характеристичними параметрами  $\psi_i$  (потужність, кореспонденції пасажирів, кількість маршрутів, пропускна здатність тощо);

- ребра графа – транспортні шляхи, що сполучають інфраструктурні об'єкти;

- зони близькості (зони взаємного впливу) будуюмо без урахування ваги  $v_i$  вершин або ребер графа.

Цей підхід передбачає три етапи виконання робіт:

- визначення регіону обстеження та підготовка вихідних даних;
- побудова нерегулярної моделі;
- побудова регулярної моделі.

На першому етапі проводиться підготовка вихідних даних про просторове розміщення (визначення координат  $x_i$  та  $y_i$ ) множини точкових об'єктів та їх параметрів  $\psi_i$  - які підлягають дослідженню.

Другий етап - побудова нерегулярної моделі, передбачає побудову графової моделі транспортних зв'язків. Основними параметрами задачі є координати об'єктів та значення досліджуваного параметра для вершин графа.

Завдання побудови зон близькості чи взаємного впливу потребує визначення всіх точок площини, для яких відстань  $s$  до об'єктів множини  $\{P_i\}$  є мінімальною. У випадку, коли всі об'єкти подано як точкові, дана задача визначається як задача побудови діаграм Вороного [6-8] - многокутників, утворених відрізками перпендикулярів, проведених до середини сторін, що сполучають дві найближчі сусідні точки.

Характеристичний параметр  $\psi_i'$  для  $i$ -го полігону визначаємо за формулою

$$\psi_i' = \psi_i / F_i, \quad (8)$$

де  $F_i$  - площа полігону, до якого належить  $i$ -та вершина графа.

Площу полігону визначаємо за координатами його вершин:

$$F_i = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^k x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1}) \right|, \quad (9)$$

при  $y_0 = y_k$ ,  $y_{k+1} = y_1$ .

На третьому етапі здійснюємо побудову регулярної моделі. Для переходу від нерегулярної до регулярної моделі досліджуваного параметра виконаємо триангуляцію Делоне і застосуємо метод обернених зважених відстаней.

Після завершення триангуляції сукупність точкових інфраструктурних об'єктів і транспортних зв'язків утворює нерегулярну мережу.

Завданням є побудова регулярної мережі для досліджуваного параметра з достатньо малим розміром комірки (квадратна сітка), що необхідно для картографування цього параметра. Треба знайти значення функції досліджуваного параметра в кожному вузлі цієї сітки. Задача розв'язується методом обернених зважених відстаней [6]. Функція досліджуваного параметра за цим методом набуває виду:

$$\psi(x, y) = \frac{\psi_1' \cdot w_1 + \psi_2' \cdot w_2 + \psi_3' \cdot w_3}{w_1 + w_2 + w_3}, \quad (10)$$

де  $\psi_1'$ ,  $\psi_2'$ ,  $\psi_3'$  - середнє значення величини досліджуваного параметра (визначене на попередньому етапі) в точках (вершинах) трикутника, якому належить біжуча точка;  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  - ваги, визначені за співвідношенням:

$$w_i = \frac{1}{l_i^2}, \quad (11)$$

де  $l_i$  - відстань від відповідних вершин трикутника до біжучого вузла вторинної сітки;

$(x, y)$  - координати вузла.

У результаті виконання наведеної вище послідовності операцій одержуємо табульовану функцію досліджуваного параметра (характеристичних параметрів) для області просторової взаємодії інфраструктурних об'єктів і проводимо візуалізацію розрахункових параметрів у вигляді графічних залежностей або у формі тривимірної поверхні.

Таким чином, використання методу обчислювальної геометрії, з побудовою діаграми Вороного та виконанням триангуляції Делоне можливим є одержання табульованих характеристичних



параметрів для неоднорідних зон взаємного впливу інфраструктурних об'єктів з нечітким функціональним зв'язком.

**Висновки.** Положення транспортно-пересадочних вузлів в транспортній інфраструктурі міста головним чином визначає їх транспортну структуру. Обсяги їх функціонального навантаження залежать від положення транспортно-комунікаційного вузла в плані міста. Місце і значення транспортно-комунікаційного вузла в функціонально-просторовій структурі міської зони супроводжується цілим рядом факторів: щільністю забудови, чисельністю постійного населення, рівнем розвитку наземного і позавуличного транспорту, наявністю резервних територій для забудови, які визначають функціональне і об'ємно-просторове планування вузлів. Крім того, перенесення або організація пересадочних вузлів на периферійних територіях потребує внесення змін в діючу маршрутну мережу міського пасажирського транспорту, що пов'язано з перерозподілом пасажиропотоків та організацією потужних районів тяжіння пасажирів. Однак, при виборі місць розташування об'єктів транспортної інфраструктури, які забезпечують взаємодію транспортних потоків індивідуального, громадського пасажирського транспорту та перерозподілу пасажирських кореспонденцій у транспортно-пересадочних вузлах, слід розглядати комплексні моделі, з можливістю оптимізації деякого глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі.

1. Горбачев П.Ф. Рациональное размещение транспортно-пересадочных узлов в городах / П.Ф. Горбачев, В.Ф. Далека, И.Г. Гузенков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Вып. 4 (52) – Харьков: Технологический Центр, 2011. – С. 4 - 6.
2. Левковская Е.П. Транспортно-планировочные принципы организации пересадочных узлов пригородно-городского сообщения. Автореф. дис. ...канд. тех. наук / МАДИ. – М., 1989. – 35с.
3. Щурова, В.А. Роль мережі транспортно-пересадкових вузлів у функціонально-планувальній структурі міста [Текст] / В. А. Щурова // Містобудування та терит. планув. – 2002. – Вип. 13. – С. 248-255.
4. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія / М. Є. Кристопчук. – Рівне : НУВГП, 2012. – 158 с.
5. Кристопчук М.Є. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів / М.Є. Кристопчук, З.В. Бичко // Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник – Вип. 103 Серія „Технічні науки та архітектура” Харків: ХНАМГ, 2012. – С. 374-378.
6. Доля В.К. Дослідження транспортної мережі регіону методом побудови функції щільності населення / В.К. Доля, П.М. Грицюк, М.Є. Кристопчук // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Вып. 69. Серия „Технические науки и архитектура” К.: „Техніка”, 2006. – С. 205 – 211.
7. Saka A. A. Model for determining optimum bus-stop spacing in urban areas. Journal of Transportation Engineering, n. 127 (3), pp. 195–199, USA, 2001.
8. Homero F. Oliveira, Mirian B. Goncalves, Eduardo S. Cursi, Antonio G. Novaes Development of a Computational System to Determine the Optimal Bus-stop Spacing in order to Minimize the Travel Time of All Passengers /Dynamics in Logistics: Second International Conference, LDIC 2009, Bremen, Germany, August 2009, - Springer-Verlag Berlin Heidelberg . – 2011. – pp. 15 – 25.

## REFERENCES

1. Horbachev, P.F. (2011). Ratsyonalnoe razmeshchenye transportno-peresadochnykh uzlov v horodakh. [Rational placement of transport and transfer points in cities]. Kharkov: TT [in Russian].
2. Levkovskaia, E.P. (1989). Transportno-planirovochnye pryncypy orhanyzatsyy peresadochnykh uzlov pryhorodno-horodskoho soobshcheniya. [Transport-planning principles for the organization of interchange nodes of a suburban and urban communication]. Extended abstract of candidate's thesis. Moskov: MADI [in Russian].
3. Shchurova, V.A. (2002). Rol merezhi transportno-peresadkovykh vuzliv u funktsionalno-planuvalni strukturi mista. [The role of transport and transpland universities in the functional and planning structures of the city]. Kyiv: NADU [in Ukrainian].
4. Krystopchuk, M. Ie. (2012). Sotsialno-ekonomichna efektyvnist pasazhyrskoi transportnoi systemy prymyskoho spoluchennia. [Socio-economic efficiency of the passenger transport system of suburban traffic]. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
5. Krystopchuk, M.Ie. (2012). Do pytannia rozmishchennia miskykh transportno-peresadochnykh vuzliv. [On the issue of allocation of urban transport interchange nodes]. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
6. Dolia, V.K. (2006). Doslidzhennia transportnoi merezhi rehionu metodom pobudovy funktsii shchilnosti naseleennia. [Investigation of the transport network of the region by the method of constructing the population density function]. Kyiv: Tekhnika [in Ukrainian].
7. Saka, A. A. (2001). Model for determining optimum bus-stop spacing in urban areas. USA [in English].
8. Homero, F. (2009). Novaes Development of a Computational System to Determine the Optimal Bus-stop Spacing in order to Minimize the Travel Time of All Passengers . Bremen: Springer [in English].

***Пашкевич С.М., Кристопчук М.Є. Анализ параметров функционирования объектов транспортной инфраструктуры на формирование транспортных и пассажирских потоков в городах.***

Проведен анализ результатов исследований параметров влияния размещения объектов транспортной инфраструктуры, в частности автовокзалов и транспортно-пересадочных узлов в плане города, на пространственное развитие города в зависимости от планировочных особенностей транспортной сети. Установлено, параметры функционирования автовокзалов и их влияние на формирование транспортных потоков и распределение пассажирских корреспонденций на маршрутной сети города.

Рассмотрено один из методов вычислительной геометрии, которая позволяет количественно оценить и получить табулированные функции разных компонент и параметров взаимного влияния объектов транспортной инфраструктуры. Числовые характеристики, полученные описанным методом, в дальнейшем используются в моделировании процессов эффективного функционирования и взаимодействия различных видов городского пассажирского транспорта с другими видами внешнего транспорта города, в частности в транспортно-пересадочных узлах.

**Ключевые слова:** транспортные потоки, пассажирские потоки, транспорт, инфраструктура, моделирование, эффективность.

**S. Pashkevych, M. Krystopchuk Analysis of the parameters of the functioning of transport infrastructure facilities on the formation of transport and passenger flows in cities.**

The analysis of the results of research on the influence parameters of the placement of transport infrastructure objects, in particular bus stations and transport and transfer points in the city plan, on the spatial development of the city, depending on the planning features of the transport network. It is established that the parameters of the functioning of bus stations and their influence on the formation of traffic flows and the distribution of passenger correspondence on the city's route network.

One of the methods of computational geometry that allows to quantify and obtain tabulated functions of different components and parameters of mutual influence of transport infrastructure objects is considered. The numerical characteristics obtained by the described method are subsequently used in modeling the processes of effective functioning and interaction of various types of urban passenger transport with other types of external transport of the city, in particular in transport and transfer junctions.

**Keywords:** traffic flows, passenger flows, transport, infrastructure, modeling, efficiency.

**АВТОРИ:**

**ПАШКЕВИЧ** *Світлана Михайлівна*, асистент кафедри «Транспортних технологій і технічного сервісу», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua)

**КРИСТОПЧУК** *Михайло Євгенович*, кандидат технічних наук, доцент, завідуючий кафедри «Транспортних технологій і технічного сервісу», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua)

**АВТОРЫ:**

**ПАШКЕВИЧ** *Светлана Михайловна*, ассистент кафедры «Транспортных технологий и технического сервиса», Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: [s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua)

**КРИСТОПЧУК** *Михаил Евгениевич*, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспортных технологий и технического сервиса», Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: [m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua)

**AUTHORS:**

**Svitlana PASHKEVYCH**, Assistant Lecturer of Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: [s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua)

**Mykhaylo KRYSTOPCHUK**, Ph.D., Head of Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: [m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua)

Стаття надійшла в редакцію 13.05.2015р.