

ВПЛИВ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ПРОСТОРОВИЙ РОЗВИТОК МІСТА

© Кристопчук М. Є., 2017

Проаналізовано результати досліджень можливого впливу розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, зокрема автовокзалів та транспортно-пересадочних вузлів у плані міста на його просторовий розвиток залежно від планувальних особливостей транспортної мережі. Встановлено, що для побудови раціональної маршрутної мережі міст та стійкого зв'язку між об'єктами транспортної інфраструктури недостатньо моделювання лише пасажирських кореспонденцій, важливим є моделювання розподілу транспортних потоків.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, пасажирські кореспонденції, розподіл потоків, транспортна мережа.

M. Krystopchuk

PLACEMENT OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SPATIAL DEVELOPMENT OF CITIES

The article analyzes the possible impact of research results allocation of transport infrastructure plan of the city in its spatial development. It was established that for an efficient route network of the city and stable connection between the objects of transport infrastructure modeling not only passenger correspondence, it is important to design the distribution of traffic.

Keywords: transport infrastructure, passenger correspondence, flow distribution, transport network.

Формулювання 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 серед них є вокзали. Від раціонального розміщення об'єктів транспортної інфраструктури у містах залежить ефективність використання різних видів транспорту, рівень транспортного обслуговування населення, просторовий розвиток міста та комфортність міського середовища.

Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського сполучення, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, зумовленого розподілом праці за розосередженими транспортними районами. Прийняття рішень про зміну маршрутних схем 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 головних завдань у розробленні 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 важливість транспортно-пересадочних вузлів визначається масштабами зон їх впливу (міжміські, загальноміські або районні) і, відповідно, доступністю вузла, його транспортною і функціональною структурою. Отже, мережа транспортно-пересадочних вузлів

є основним конструктивним елементом просторово-планувальної організації міста. Транспортно-пересадочні вузли у складі мережі зосереджують 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. Сукупність транспортно-пересадочних вузлів являє собою відгалуження транспортних магістралей міст. Заробляння їх кількості зумовлює розширення зв'язків між центрами міст і приміськими територіями, містами-супутниками і агломераціями.

Одним із методів скорочення витрат часу населенням міст під час поїздок на міському пасажирському транспорті є вдосконалення транспортно-планувальної організації пересадочних вузлів. Дослідженням пересадочних вузлів займалися багато вчених; відомі праці Горбачова П. Ф [1], Левковської Є. П. [2], Азаренкової З. В. [3], Щурової В. А. [4]. В роботі авторів [5] систематизована класифікація транспортно-пересадочних вузлів та їх значення у функціонуванні міського транспортного комплексу.

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 щодо освоєння транзитних, далеких, місцевих, приміських та міських перевезень пасажирів.

У великих містах з розвинутою транспортною інфраструктурою можливі такі основні поєднання взаємодіючих видів транспорту:

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

Аналіз розміщення транспортно-пересадочних вузлів у середніх містах Західного регіону України вказує [6], що головні вузли знаходяться переважно поблизу загальноміського центру (і в самому центрі), хоча є приклади (м. Лондон) периферійного розташування (рис. 1).

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 також є найважливішими міськими пересадочними вузлами.

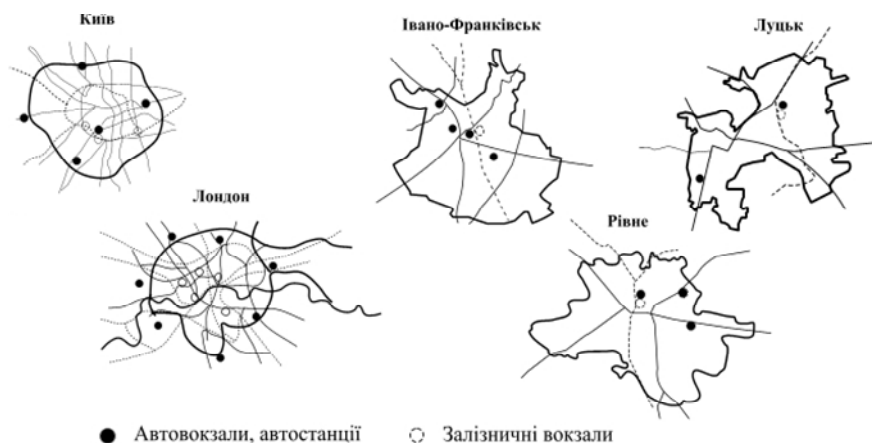


Рис. 1. Розміщення транспортно-пересадочних вузлів та вокзалів на плані найзначніших та середніх міст

Основний обсяг пасажирських перевезень у 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 (див.рис.1).

Формулювання мети. 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 (ВДМ) чи умов організації руху по ній за зростаючих транспортних навантажень стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок ВДМ та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи елементів транспортної інфраструктури.

До розвантаження найбільш напружених ділянок транспортної мережі вкрай необхідно залучати автобуси великої і особливо великої місткості. Одним із методів виходу із цієї ситуації є формування раціональної маршрутної системи міста. Формуючи раціональну маршрутну систему міста, необхідно враховувати такі вимоги:

- міські маршрути повинні сполучати найкоротшим шляхом пасажиротвірні 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 дасть змогу:
- раціонально розподілити транспортні засоби між маршрутами, розосередити їх за основними пасажиротвірними напрямками;
 - ліквідувати ділянки транспортної системи, які дублюються автобусами, тролейбусами;
 - підвищити середній коефіцієнт використання місткості з дотриманням належного рівня комфортності.

Аналізувати попит на перевезення доцільно згідно з класичною чотириетапною схемою [6, 7]. Традиційний підхід до визначення місць концентрації поїздок полягає у використанні “синтетичних” моделей. Однією з найчастіше використовуваних є гравітаційна модель. Гравітаційна модель ґрунтується на твердженні, що величина потоків як значення функції зменшується із збільшенням 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 відносно усіх зон [7–11].

У загальному випадку задаються обсяги генерування поїздок T_i . Отже, об'єм кореспонденцій T_{ij} для фіксованої зони i має дорівнювати T_i , тобто відповідати обмеженню:

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

У такому разі 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 рівень 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 розв'язання задач транспортного планування перспективнішим є підхід “моделювання поведінкового попиту”, який є альтернативою ентропійного підходу і ґрунтується на понятті функції привабливості (корисності).

Після встановлення обсягів пасажиропотоків у транспортній системі особливої ваги набуває оптимальне планування мереж, покращання організації руху, оптимізація системи маршрутів громадського транспорту. Вони становлять основу побудови математичних моделей для визначення

і прогнозування параметрів функціонування транспортної мережі: інтенсивність руху на елементах мережі; обсяг перевезень громадським транспортом, середні швидкості руху; затримки та втрати часу тощо.

Прогнозні моделі призначені для розв'язання задач за відомих геометрії та характеристик транспортної мережі, а також розміщення поточотвірних об'єктів. Потрібно спрогнозувати завантаження транспортної мережі, що міститиме деякі усереднені характеристики руху, зокрема обсяг міжрайонних кореспонденцій, інтенсивність потоку, розподіл автомобілів і пасажирів по шляхах руху та ін. Ці моделі дають змогу прогнозувати наслідки змін у транспортній мережі або у розміщенні об'єктів транспортної інфраструктури.

Завантаження транспортної мережі визначається кількістю транспортних засобів, які використовують для руху в кожен елемент мережі. Моделювання завантаження полягає у розподілі міжрайонних кореспонденцій за конкретними шляхами, що з'єднують пари районів. Початковими даними стають набори матриць кореспонденцій, що належать до переміщень різних видів або різних класів користувачів.

Відомі два підходи до моделювання розподілу транспортних потоків [12–14]: нормативний та описувальний. У нормативних моделях розподіл транспортних потоків здійснюється на основі оптимізації деякого глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі. Як правило, це виражена у різних формах мінімізація сумарних витрат. В основу описувального підходу покладено принцип, згідно з яким кожен учасник прагне мінімізувати власні витрати. У результаті задачу прогнозування транспортних потоків можна розглядати як окремий випадок пошуку рівноваги за Нешем у грі n осіб. Формально ця поведінка описується у вигляді принципів Вардропа [12–14]: усі шляхи, які з'єднують райони p і q , що використовують 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.

Вибір шляху деякими користувачами збільшує завантаження елементів мережі, які входять у цей шлях. У результаті збільшується узагальнена ціна цих елементів, а це, своєю чергою, впливає на оцінку і вибір шляху іншими користувачами. Отже, вибір, здійснений одними учасниками руху, побічно впливає на вибір інших учасників.

Однією з ефективних моделей, що повною мірою враховує чинник взаємного впливу користувачів, є модель, основана на пошуку рівноважного розподілу [13, 14]. Один із варіантів її має вигляд задачі, що розглядається для розподілу користувачів одного класу. Введемо такі позначення: I – множина вузлів мережі; V – множина дуг мережі; 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 повороті з дуги $(ij)1 \in V$ на дугу $(ij)2 \in V$ представників кореспонденції pq ; F_{pq} – обсяг кореспонденції pq . Сумарні потоки на дугах пов'язані з потоками представників окремих кореспонденцій:

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

Допустимий розв'язок 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 будують інтегральну цінову функцію:

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

Отже, модель рівноважного розподілу формулюють вигляді задачі оптимізації:

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

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

Висновки. Місце розташування транспортно-пересадочних вузлів у транспортній інфраструктурі міста головним чином визначає їх транспортну структуру. Обсяги їх функціонального навантаження залежать від положення транспортно-комунікаційного вузла. Значення цього вузла у функціонально-просторовій структурі міської зони зумовлюється низкою чинників: щільністю забудови, чисельністю жителів, рівнем розвитку наземного і позавуличного транспорту, наявністю резервних територій для забудови, які визначають функціональне і об'ємно-просторове планування вузлів. Перенесення або організація пересадочних вузлів на периферійних територіях потребує внесення змін у діючу маршрутну мережу міського пасажирського транспорту, що пов'язано з перерозподілом пасажиропотоків та організацією потужних районів тяжіння пасажирів. В обґрунтуванні місць розташування об'єктів транспортної інфраструктури потрібно розглядати комплексні моделі з можливістю оптимізації глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі

1. Горбачев П. Ф., Далека В. Ф., Гузенков И. Г. Рациональное размещение транспортно-пересадочных узлов в городах // *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. – 35 с.
3. Азаренкова З. В. Транспортно-пересадочные узлы в планировке и застройке больших городов [Текст] / З. В. Азаренкова // *Обзорная информация „Проблемы больших городов“*. – 1985. – Вып 13. С. 4–12.
4. Щурова В. А. Роль мережі транспортно-пересадкових вузлів у функціонально-планувальній структурі міста [Текст] / В. А. Щурова // *Містобудування та терит. планув.* – 2002. – Вып. 13. – С. 248–255.
5. Міські транспортно-пересадочні вузли і логістика / Є. О. Рейцен, К. О. Томкевич // *Містобудування та терит. планув.* – 2004. – Вып. 17. – С. 276–291.
6. Звіт про структурування маршрутів громадського транспорту та планування мережі: Проект у сфері міського транспорту м. Львів – удосконалення регулятивного середовища для міської транспортної системи. – Львів, 2011. – 63 с.
7. Вакуленко К. Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / К. Є. Вакуленко; [ХНАМГ]. – Харків, 2009. – 24 с.
8. Вакуленко К. Є. Щодо вибору марки транспортного засобу на маршрутах міста з врахуванням вимог учасників транспортного процесу / К. Є. Вакуленко // *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. – Донецьк: ДІАТ. – 2009. – Вып. 1. – С. 51–57.
9. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія / М. Є. Кристопчук. – Рівне : НУВГП, 2012. – 158 с.
10. Санько Я. В. Довгострокове прогнозування обсягів перевезень пасажирів трамваем з врахуванням впливу зовнішнього середовища (на прикладі ХКП “Міськелектротранс”) [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Я. В. Санько; [ХНАМГ]. – Харків, 2010. – 23 с.
11. Санько Я. В., Григоров М. А. К прогнозированию параметров элементов транспортных систем / Я. В. Санько, М. А. Григоров // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2007. – № 4/2(28). – С. 54–56.
12. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков // *Автоматика и телемеханика*. – 2003. – №11. – С. 3–46.
13. Лjutaев Д. А. Моделирование транспортной сети Владивостока на основе теории потокового равновесия // *Моделирование систем*. – 2006. – № 2 (12). – С. 17 – 28.
14. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.