

7. Barrat, A. Virtual Round Table on ten leading questions for network research [Text] / A. Barrat, Al. Barabasi, G. Caldarelli, P. De los Rios, A. Erzan, B. Kahng, R. Mantegna, J. Mendes, R. Pastor-Satorras, A. Vespignani // Eur. Phys. J. – 2004. – №38. – P. 143-145.
8. Li, W. Statistical analysis of airport network of China [Text] / W. Li, X. Cai // Phys. Rev. – 2004. – №69. – P.461-466.
9. Wang, Q. A composition of different q nonextensive systems with the normalized expectation based on escort probability [Text] / Q.A. Wang, L. Nivanen, A. Le Mehaute // Eur. Phys. J. – 2005. – №48. – P. 95-100.
10. Guida, M. Topology of the Italian airport network: A scale-free small-world network with a fractal structure? [Text] / M. Guida, F. Maria // Chaos Solitons & Fractals. – 2007. – №31. – P. 527-536.
11. Strogatz, S.H. Exploring complex networks [Text] / S.H. Strogatz // Nature. – 2001. – №410. – P. 268-231.
12. Latora, V. Efficient behavior of small-world networks [Text] / V. Latora, M. Marchiori // Phys. Rev. Lett. – 2001. – №87. – P. 197-201.
13. Latora, V. Is the Boston subway a small-world network? [Text] / V. Latora, M. Marchiori // Physica A. – 2002. – №314. – P. 109-115.
14. Sen, P. Small-world properties of the Indian railway network [Text] / P. Sen, S. Dasgupta, A. Chatterjee, P. A. Sreeram, G. Mukherjee, S. S. Manna // Phys. Rev. – 2003. – №67. – P. 125-129.
15. Albert R. Statistical mechanics of complex networks [Text] / R. Albert, A.-L. Barabasi // Rev. Mod. Phys. – 2002. – №74. – P. 47-97.
16. Bornholdt, S. Handbook of graphs and networks [Text] / S. Bornholdt, H.G. Schuster. – Wiley-Vch, 2003. – 401 p.
17. Dorogovtsev, S.N. Evolution of networks [Text] / S.N. Dorogovtsev, J.F.F. Mendes. – Oxford Univ.Press, 2003. – 356 p.
18. Pastor-Satorras R. Evolution and Structure of the Internet: A Statistical Physics Approach [Text] / R. Pastor-Satorras, A. Vespignani. – Cambridge Univ. Press, 2004. – 452 p.
19. Barabasi A.-L. Emergence of scaling in random networks [Text] / A.-L. Barabasi and R. Albert // Science. – 1999. – №286. – P. 509-512.
20. Fronczak A. Average path length in random networks [Text] / A. Fronczak, P. Fronczak, J.A. Holyst // e-print: cond-mat/0502663. – 2003. – P. 216-221.
21. Holyst J.A. Universal scaling of distances in complex networks [Text] / J.A. Holyst, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak, K. Suchecki // e-print: cond-mat/0411160. – 2004. – P. 45-49.

*Розглянуто типові геометризовані схеми вулично-дорожньої мережі та критерії їх оцінки. Визначено структуру системи комунікацій міста. Запропоновано критерій мінімум витрат на функціонування всіх транспортних систем міста*

*Ключові слова: транспортне планування міст, вулично-дорожня мережа*

*Рассмотрены типичные геометрические схемы улично-дорожной сети и критерии их оценки. Определена структура системы коммуникаций города. Предложен критерий минимум затрат на функционирование всех транспортных систем города*

*Ключевые слова: транспортное планирование городов, улично-дорожная сеть*

*The typical geometric schemes of a street-road network and the criteria for their evaluation are considered. The structure of the communications system of the city is determined. A criterion of the minimum costs of the functioning of all transportation systems of the city is suggested*

*Key words: transport urban planning, street and road city network*

УДК 656.11

## ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ДІЛЯНКИ ВУЛИЧНО- ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

**В.К. Доля**

Доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою\*

Контактний тел.: (057) 707-32-61

**Я.В. Санько**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 066-740-54-39

E-mail: yron08@rambler.ru

\*Кафедра транспортних систем і логістики

Харківська національна академія міського господарства

вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002

### 1. Вступ

Дослідження, що розглядаються в статті, відносяться до розділів транспортного планування міст. Одним із головних питань транспортного планування

міст є визначення геометричних розмірів майбутньої селітебної території. Так як межам житлових кварталів та районів є магістральні вулиці та дороги і вони відповідно формують конфігурацію вулично-дорожньої мережі. Від якої в свою чергу залежать основні

показники ефективності функціонування транспортних та пасажирських (пішохідних) потоків. Науковцями були досліджені та розроблені критерії оцінки планувальних схем вулично-дорожньої мережі, але основним недоліком є використання їх усереднених значень [1-3].

## 2. Мета та постановка задачі

Основною метою є розробка математичної моделі визначення довжини ділянки вулично-дорожньої мережі міста, як критерію оцінки планувальної схеми міста.

## 3. Рішення задачі

Транспортне планування міст - це комплекс транспортних, будівельних, планувальних та природозахисних заходів, метою яких є створення раціональної структури вулично-дорожньої мережі, що найкращим шляхом вирішує проблему транспортного обслуговування населення міста [3].

Враховуючи вищевикладене дослідниками було запропоновано чіткий розподіл міста на зони, а саме [2, 3]:

- 1) селітебну;
- 2) промислово;
- 3) комунально-складську;
- 4) зовнішнього транспорту;
- 5) санітарно-захисну;
- 6) відпочинку населення.

Якщо поглянути на структуру кожного міста, то значну частину складає житлова забудова (селітебна територія).

Одним із напрямків формування селітебної території є розподіл її на основні структурні елементи [4]:

1) житловий квартал - первинний структурний елемент житлового середовища, обмежений магістральними або житловими вулицями, проїздами, природними рубежами й т.п., площею до 20-50 га з повним комплексом установ і підприємств обслуговування місцевого значення (укрупнений квартал, мікрорайон) і до 20 га з неповним комплексом;

2) житловий район - структурний елемент селітебної території площею 80-400 га, у межах якого формуються житлові квартали, розміщуються установи й підприємства з радіусом обслуговування не більше 1500 метрів, а також об'єкти міського значення. Границями житлового району є магістральні вулиці й дороги загальноміського значення, природні й штучні рубежі. Житлові райони можуть формуватися як самостійні структурні одиниці;

3) селітебний район - структурний елемент селітебної території площею більше 400 га, у межах якого формуються житлові райони. Границі його ті ж, що й для житлових районів. Дана структурна одиниця характерна для великих і найбільших міст і формується як цілісний структурний організм із розміщенням установ обслуговування районного й міського користування.

При цьому межами першого елемента є магістральні та житлові вулиці, а другого та третього магістраль-

ні вулиці та дороги загальноміського значення. Тому головний акцент приділяється формуванню розгалуженої транспортної мережі.

В свою чергу планувальна структура кожного міста визначається конфігурацією вулично-дорожньої мережі.

На сьогодні існують наступні типові геометризовані схеми вулично-дорожньої мережі [2, 3]:

- 1) вільна;
- 2) радіальна;
- 3) радіально-кільцева;
- 4) трикутна;
- 5) прямокутна;
- 6) прямокутно-діагональна;
- 7) гексагональна;
- 8) комбінована.

Для оцінки планувальних схем вулично-дорожньої мережі міста були розроблені наступні критерії [1-4]:

- 1) ступінь непрямолінійності сполучень (коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень);
- 2) щільність вулично-дорожньої мережі міста;
- 3) рівень завантаження вулиць рухом (рівень обслуговування);
- 4) ступінь складності перехресть вулиць і доріг.

Перший показник визначається, як відношення довжини шляху по дорогах між двома точками до довжини шляху між двома точками по повітрю:

$$k_{\text{непр}} = \frac{l_{ij}^{\text{дор}}}{l_{ij}^{\text{пов}}}, \quad (1)$$

де  $k_{\text{непр}}$  – коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень;

$l_{ij}^{\text{дор}}$  – довжина шляху по дорогах між двома точками, км;

$l_{ij}^{\text{пов}}$  – довжина між двома точками по повітрю, км.

Коефіцієнт непрямолінійності залежить від планувальної схеми вулично-дорожньої мережі міста і знаходиться в межах 1,05-1,5.

Щільність вулично-дорожньої мережі міста визначається, як відношення довжини транспортної мережі до площі території міста:

$$\delta = \frac{L_M}{S_M}, \quad (2)$$

де  $\delta$  – щільність вулично-дорожньої мережі міста, км/км<sup>2</sup>;

$L_M$  – довжина транспортної мережі, км.;

$S_M$  – площа території міста, км<sup>2</sup>.

Цей показник знаходиться в межах 0,7-4 км/км<sup>2</sup> і залежить від групи, до якої належить місто та територіальної частини міста (центральна, периферійна, промислова).

Різниця в нормах по проектуванню доріг в різні роки, а саме ширини проїзної частини, спричинила появу різновиду показнику щільності мережі. Що визначається як відношення площі транспортної мережі до площі території міста:

$$\delta' = \frac{S_{\text{ВДМ}}}{S_M}, \quad (3)$$

де  $\delta'$  – скорегована щільність вулично-дорожньої мережі міста, км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>;

$S_{вдм}$  – площа вулично-дорожньої мережі, км<sup>2</sup>.

Рівень обслуговування вулиці (дороги) або ступінь використання пропускної здатності вулиці (дороги) визначається відношенням інтенсивності руху транспортних засобів до пропускної здатності вулиці (дороги):

$$z = \frac{N}{P}, \quad (4)$$

де  $z$  – рівень завантаження вулиці (дороги) рухом;

$N$  – інтенсивність руху транспортних засобів, авт./год;

$P$  – пропускна здатність вулиці (дороги), авт./год.

Ступінь складності перехресть вулиць і доріг оцінюється за такими показниками, як рівень безпеки руху, забезпечення швидкості руху та пропускна здатність перехресть.

Останнім часом для оцінки планувальних рішень, використовується критерій мінімум витрат. Застосувавши цей критерій стосовно елементів вулично-дорожньої мережі, можна стверджувати, що оптимальною довжиною між двома перехрестями вулиць (доріг) є та довжина, що забезпечує мінімум витрат на функціонування всіх життєзабезпечуючих систем міста (рис. 1)

$$C_{заг} = \sum_{i=1}^n C_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

де  $C_i$  – витрати  $i$ -го елемента транспортної системи життєзабезпечення міста, грн.



Рис. 1. Структурна схема системи комунікацій міста

Таким чином загальні витрати транспортної системи життєзабезпечення міста будуть складатися з:

- витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів  $C_{ТС1}$ ;
- витрат на функціонування транспортної системи газопостачання  $C_{ТС2}$ ;
- витрат на функціонування транспортної системи водопостачання  $C_{ТС3}$ ;
- витрат на функціонування транспортної системи водовідведення  $C_{ТС4}$ ;
- витрат на функціонування транспортної системи електропостачання  $C_{ТС5}$ ;

- витрат на функціонування транспортної системи кабельних мереж  $C_{ТС6}$ .

Отже залежність (5) матиме наступний вигляд

$$C_{заг} = C_{ТС1} + C_{ТС2} + C_{ТС3} + C_{ТС4} + C_{ТС5} + C_{ТС6} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Для розрахунку загальних витрат, необхідно знати, яку частину населення селітебна територія буде обслуговувати. Для цього потрібно вирішити питання розбиття селітебної території на квартали та райони (рис. 2).

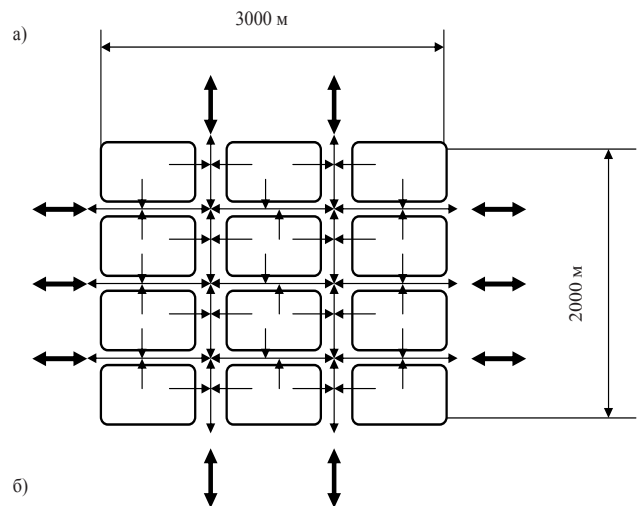


Рис. 2. Розбиття селітебної території на житлові квартали та райони

Використовуючи обидві схеми однакової площі (рис. 2) можна по різному розподілити на житлові райони. В першому випадку на 12 районів площею 50 га кожний (рис. 2а). В другому випадку на 4 райони площею 150 га кожний (рис. 2б).

Враховуючи нормативні показники кількості відведених гектарів площі під забудову (табл. 1) можна визначити межі території, що обслуговує ділянка вулиці (дороги) через площу ромба (рис. 3).

Таблиця 1

Характеристика кількості відведених гектарів площі під забудову

Середня етажність забудови	Територія на 1000 чол., га
9 і більше	7
4-8	8
до 3 без земельних ділянок	10
до 3 із земельними ділянками	20
1-2 у сільських поселеннях	50

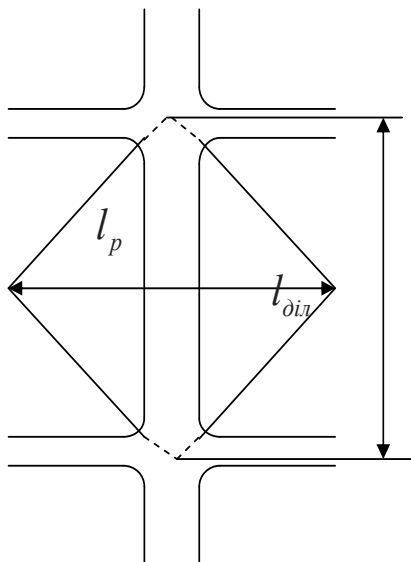


Рис. 3. Схема визначення оптимальної довжини між перехрестями вулиць (доріг)

Площа ромба визначається за залежністю:

$$S_p = \frac{d_1 \cdot d_2}{2}, \tag{7}$$

де  $d_1, d_2$  – довжина діагоналей ромба.

Застосувавши формулу (7) для вулично-дорожньої мережі отримаємо залежність

$$S_p = \frac{l_{дiл} \cdot l_p}{2}, \tag{8}$$

де  $l_{дiл}, l_p$  – відповідно довжина ділянки магістралі та довжина внутрішньорайонних шляхів, км.

Якщо поглянути на схему визначення оптимальної довжини (рис. 3), то видно, що територія утворена сторонами ромба є половиною площі житлової забудови

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot S_{ж}, \tag{9}$$

де  $S_{ж}$  – площа житлової забудови, км<sup>2</sup>.

Відповідно отримаємо площу житлової забудови із наступного рівняння

$$\frac{l_{дiл} \cdot l_p}{2} = \frac{S_{ж}}{2}, \tag{10}$$

або

$$S_{ж} = l_{дiл} \cdot l_p. \tag{11}$$

Виходячи із параметрів (табл. 1), можна визначити чисельність населення, що може проживати на певній території

$$N_{нас} = \frac{S_{ж}}{S_{ет}} \cdot 10^3, \tag{12}$$

де  $S_{ет}$  – норми площі території, що залежить від етажності забудови, км<sup>2</sup>.

Використовуючи формулу (11) отримаємо наступну залежність

$$N_{нас} = \frac{l_{дiл} \cdot l_p}{S_{ет}} \cdot 10^3. \tag{13}$$

Таким чином, кількість населення, що буде обслуговувати ділянку вулично-дорожньої мережі залежить від довжини цієї ділянки, довжини внутрішньорайонних шляхів та етажності забудови.

#### 4. Висновки з дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку

Таким чином, визначивши, що площу селітебної території можна по різному розподілити на житлові квартали та райони, в залежності від думок проектувальників. Тому було запропоновано розглядати кожну житлову територію з її витратами, як цільову функцію для визначення оптимальної довжини ділянки вулично-дорожньої мережі. В подальшому необхідно визначити складові витрат кожного елементу транспортної системи життєзабезпечення міста.

#### Література

1. Черепанов В. А. Транспорт в планировке городов: Учебник для вузов [Текст] / В. А. Черепанов. – М.: Стройиздат, 1970. – 304 с.
2. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов: Учеб. пособие для студ. авт.-дор. спец. вузов [Текст] / М. С. Фишельсон. – М.: Высшая школа, 1985. – 239 с.
3. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов [Текст] / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
4. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92\*\*. – [Чинний від 2002-04-19]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с.