

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 656.11

Данчук В.Д., д-р ф.-м. наук, **Кривенко В.І.**, канд. техн. наук,
Олійник Р.В., канд. ф.-м. наук, **Тарабан С.М.**

МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ НАЗЕМНИХ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕНЬ

Анотація. За результатами виявлення та аналізу аналогій між електричними характеристиками та основними просторовими параметрами ділянки автомобільної дороги запропоновано електротехнічну аналогову модель вулично-дорожньої мережі міста. Таке уявлення просторових параметрів дозволяє змоделювати складну структуру вулично-дорожньої мережі довільної конфігурації у вигляді електричної схеми й оцінити ефективність її функціонування.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, однорідна ділянка.

Аннотация. По результатам выявления и анализа аналогий между электрическими характеристиками и основными пространственными параметрами участка автомобильной дороги предложено электротехническую аналоговую модель улично-дорожной сети города. Такое представление пространственных параметров позволяет смоделировать сложную структуру улично-дорожной сети произвольной конфигурации в виде электрической схемы и оценить эффективность ее функционирования.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, однородный участок.

Annotation. As a result of the identification and analysis of analogies between electrical characteristics and spatial parameters of the road section proposed electrical analog model of the road network of the city. This representation allows the spatial parameters to model the complex structure of the road network in the form of arbitrary configuration of electrical circuits and evaluate the effectiveness of its operation.

Key words: the road network, homogeneous area.

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) – елемент інфраструктури міста, проектування якого відносять до ряду найбільш складних завдань теорії транспортного планування. Обґрунтування будь-яких містобудівних рішень, які насамперед пов'язані з реконструкцією ВДМ, полягає в детальному аналізі існуючого стану мережі [1, 2]. Тому, оцінка стану основних параметрів ВДМ передуює більшості видам транспортного планування (розробка містобудівних регламентів, зонування міської території тощо) й є обов'язковим елементом проектів реконструкції ВДМ й комплексних схем організації дорожнього руху. Критерії й методи оцінки основних параметрів ВДМ досі лишаються важливим питанням теорії й практики транспортного планування, яке потребує подальшого розвитку в силу стрімкого зростання автомобілізації суспільства. Одне з головних завдань транспортного планування – визначення геометричних розмірів майбутньої селітебної території. Оскільки межами житлових кварталів та районів міста є магістральні вулиці й дороги, то, відповідно, вони й формують конфігурацію ВДМ, від якої залежать основні показники ефективності функціонування транспортних потоків.

Транспортне планування міста – це комплекс заходів (транспортних, будівельних, планувальних, природозахисних та ін.), головне завдання яких направлене на побудову раціональної структури ВДМ, що найкращим чином вирішує проблему транспортного обслуговування населення міста. Якщо поглянути на структуру сучасного міста, то значну його частину складає житлова забудова (селітебна територія). Один із напрямків формування селітебної території – розподіл її на основні структурні елементи [2]: житловий квартал, житловий район, селітебний район. При цьому, межами першого елементу є магістральні та житлові вулиці, а другого та третього – магістральні вулиці та дороги загальноміського значення. У зв'язку з цим, головним акцентом транспортного планування міста постає формування розгалуженої

транспортної мережі, яка характеризується великою сукупністю й складною конфігурацією зв'язаних між собою однорідних ділянок.

Однорідна ділянка в даних дослідженнях розглядається, як ділянка автомобільної дороги між найближчими перехрестями. До основних параметрів, що характеризують кожен із таких ділянок належить її протяжність та характеристики проїзної частини (кількість смуг руху, ширина смуги, розрахункова середня швидкість руху транспортних засобів та пропускна здатність ділянки дороги). Побудова електротехнічної моделі ВДМ [3] шляхом відтворення параметрів кожного окремого елемента мережі дозволяє змоделювати складну розгалужену структуру мережі й оцінити ефективність її функціонування.

Згідно з [3] відповідність між електричними величинами та просторовими характеристиками однорідної ділянки ВДМ наведені в табл.1. Запропонована модель, на наш погляд, дозволяє проводити оцінки транспортно-дорожніх характеристик і, відповідно, описувати кінетику транспортних потоків у ВДМ міста.

Таблиця 1 – Електротехнічна модель ВДМ згідно з [3]

Електричні характеристики	Характеристики однорідної ділянки ВДМ
I – сила струму на ділянці кола	J – інтенсивність транспортного потоку на однорідній ділянці $[J]=\text{год}^{-1}$;
$R = \rho \frac{l}{S}$ – опір лінійного провідника;	$T = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{S}$ – статичний опір руху на однорідній ділянці ВДМ, $[T]=\text{год}$;
$G = R^{-1}$ – електрична провідність;	$\Omega = T^{-1}$ – пропускна здатність однорідної ділянки $[\Omega]=\text{год}^{-1}$;
E – напруженість електричного поля;	ρ – щільність транспортного потоку, $[\rho]=\text{км}^{-1}$;
U – напруга на ділянці кола; $U = E \cdot l$	N – кількість транспортних засобів на однорідній ділянці; $N = \rho \cdot l$

Так, модель міської ВДМ являє собою електричну схему, в якій однорідні ділянки мережі представлені у вигляді активного електричного опору:

$$T = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{S}, \quad (1)$$

де l – довжина однорідної ділянки дороги, $[l] = \text{км}$;

γ – пропускна здатність однієї смуги руху на даній однорідній ділянці дороги, $[\gamma] = \text{год}^{-1}$;

S – ширина проїзної частини однорідної ділянки, $[S] = \text{км}$; $S = nd$;

n – кількість смуг руху; d – ширина смуги.

Таке уявлення просторових характеристик ділянки дороги, дозволяє представити фрагменти ВДМ довільної конфігурації (дороги з різною кількістю смуг руху, розв'язки, перехрестя тощо) у вигляді електричних схем, які являють собою розгалужені електричні кола квазіпостійного струму. Так, для випадку звуження дорожнього полотна (зменшення кількості смуг руху) його електротехнічний образ являє собою послідовне з'єднання опорів (рис.1, а), а перехрестя доріг з рівною кількістю смуг руху (рис.1, б) може бути представлено складним електричним колом.

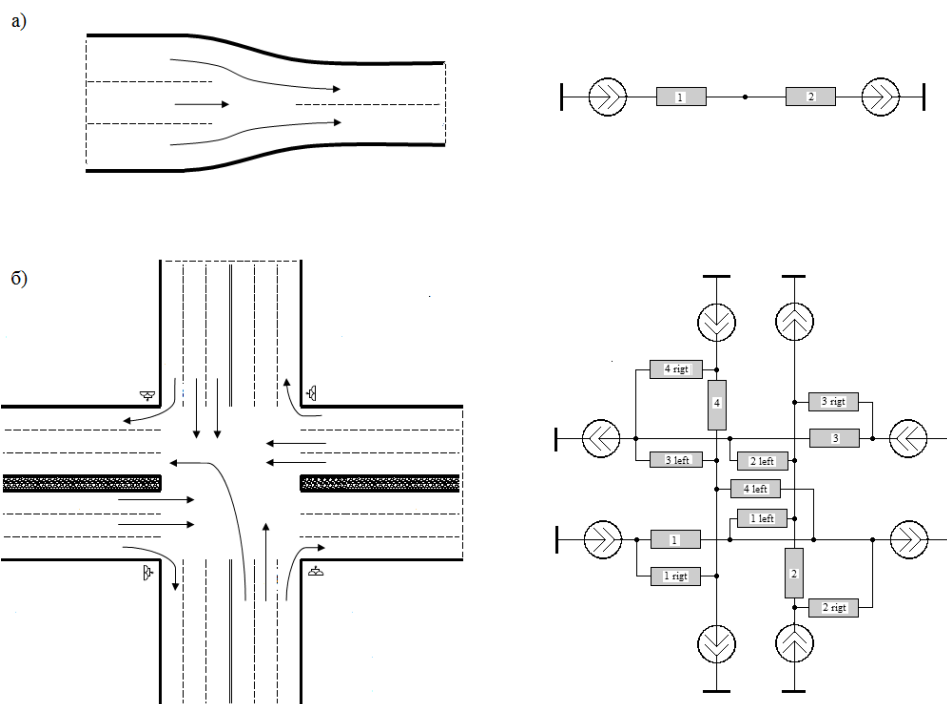


Рисунок 1 – Електротехнічне моделювання елементів ВДМ: а) звуження дорожнього полотна; б) перехрестя доріг з рівною кількістю смуг руху

Електрична схема, що відтворює електротехнічний образ ВДМ, повинна мати наступні властивості:

- коректне відтворення топологічної конфігурації ВДМ;
- адекватне сюр'єктивне відображення множини вузлів на множину перехресть ВДМ;

- ін'єктивне відображення множини простих ланцюгів схеми (R_j) на множину однорідних ділянок ВДМ.

Сюр'єктивне відображення означає, що модель повинна адекватно відображати розгалуженими електричними колами відповідні розгалуження доріг ВДМ міста. При цьому, перехрестя повинні відповідати певним вузлам схеми.

Ін'єктивне відображення означає, що величина активного опору (зворотна величина – електрична провідність) відповідного ланцюга схеми, повинна відображати пропускну здатність відповідної однорідної ділянки мережі.

Таким чином, ВДМ міста може бути представлена сукупністю елементарних однорідних ділянок різної конфігурації, які формують дороги кварталів житлових районів міста. Моделювання параметрів доріг окремого кварталу являє собою послідовно-паралельне з'єднання опорів, яке дозволяє відтворити складну розгалужену структуру ВДМ всього міста.

Для створення електротехнічної моделі ВДМ, наприклад, для адміністративного району міста, необхідно організувати інформаційний банк даних просторових характеристик однорідних ділянок автомобільних доріг, що формують дану мережу. Так, в табл.2 представлено фрагмент відповідних характеристик однорідних ділянок ВДМ Печерського району.

Таблиця 2 – Нормативні характеристики однорідних ділянок ВДМ Печерського району

Д-нка	Назва вулиці	Категорія вулиць і доріг	l, км	V ₁ , км/ год	V ₂ , км/ год	k	t, год	T, год
R1	вул. Заліз. шосе	районного значення	0,73	80	3,8	21,3	0,0092	0,195
R2	вул. Заліз. шосе	районного значення	0,46	80	3,8	21,3	0,0057	0,121
R3	вул. Заліз. шосе	районного значення	0,45	80	7,5	10,7	0,0057	0,060
...								
R324	бульв. Др. Народів	3-м значення рег. руху	0,14	100	31,5	3,2	0,0014	0,004
R325	бульв. Л. Українки	3-м значення рег. руху	0,05	100	27	3,7	0,0005	0,002
R326	вул. Бастіонна	районного значення	0,11	80	7,5	10,7	0,0014	0,015

Оскільки, час проходження транспортного засобу по однорідній ділянці дороги може бути визначений через середню швидкість:

$$t = \frac{l}{V_1}, \quad (2)$$

де V_1 – розрахункова (нормативна) швидкість повздовжнього прямолінійного руху окремого транспортного засобу [4], км/год, то з (1) і (2) випливає:

$$\frac{T}{t} = \frac{V_1}{\gamma \cdot n \cdot d} = \frac{V_1}{V_2}. \quad (3)$$

Тут $V_2 = \gamma \cdot n \cdot d$ – розрахункова швидкість поперечного руху, яка отримана на основі аналогій розмірності, км/год і є характеристикою певної ділянки ВДМ.

З (3) можна отримати наступний вираз:

$$T = \frac{V_1}{V_2} t = k \cdot t, \quad (4)$$

де коефіцієнт приведення $k = \frac{V_1}{V_2}$ – інтегральний параметр однорідної ділянки ВДМ, що визначається відношенням швидкостей повздовжньо-поперечного руху, які можуть бути знайдені через геометричні параметри вулиць і доріг міста, а також нормативні значення швидкостей (ДБН 360-92** Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень).

Тоді з (2) і (4) отримуємо:

$$T = \frac{l}{V_2}. \quad (5)$$

Отже з (5) випливає фізичний зміст статичного опору руху (T), який можна розглядати як нормативну статичну інтегральну характеристику певної однорідної ділянки ВДМ.

Результати відповідних розрахунків представлені в табл. 2.

Також, знаючи величини відповідних параметрів для кожної ділянки ВДМ певного району і використовуючи (5), можна побудувати розподіл опорів як інтегральних характеристик ВДМ для кожного району міста. Аналіз отриманих даних, на наш погляд, надаватиме додаткову інформацію для можливості більш ефективного вирішення задач транспортного планування міст. Як приклад, на рис. 2 зображена 3D поверхня опорів однорідних ділянок

ВДМ Печерського району (світлі точки) в залежності від довжини ділянки ВДМ (l) та нормативної поперечної швидкості (V_2).

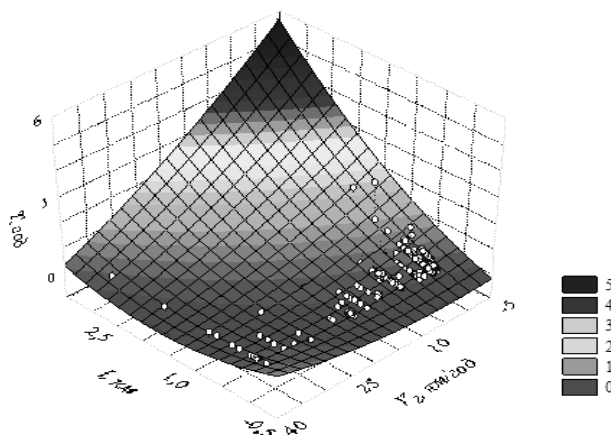


Рисунок 2 – 3D поверхня опорів однорідних ділянок ВДМ Печерського району

Висновки

Запропоновано електротехнічну модель ВДМ, яка дозволяє відтворити складну розгалужену структуру мережі всього міста у вигляді електричної схеми, шляхом моделювання окремих фрагментів мережі послідовно-паралельним з'єднанням опорів. Такий підхід моделювання коректно відтворює топологічну конфігурацію ВДМ й адекватно відображає просторові характеристики кожної однорідної ділянки мережі. Це дає підстави вважати, що запропонована модель може бути застосована, як фізичний інструмент для аналізу основних параметрів ВДМ з подальшою оцінкою ефективності функціонування кожного окремого її елемента.

Література

1. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Тенденции развития классификаций городских улиц и дорог // Вестник ИрГТУ. – Иркутск : 2004. – N 3. – С. 124 – 127.
2. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов [Текст] / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
3. Данчук В.Д., Кривенко В.І., Олійник Р.В., Тарабан С.М. Електротехнічна модель дослідження транспортних потоків // Вісник НТУ №21. – 2011. – С. 28 – 32.
4. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с.