

УДК 656.11

Степанчук О.В., к.т.н., доц.,  
Белятинський А.О., д.т.н., проф.,  
Лапенко О.І., д.т.н., проф.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ

У цій статті розглядаються особливості вибору ефективних методів організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі.

Ключові слова: Транспортний засіб, організація дорожнього руху, рівень автомобілізації.

**Постановка проблеми.** За період 2003-2012 рр. кількість автомобільного транспорту в місті Києві зросла майже в два рази. На 2011 рік кількість автомобільного транспорту в Києві складає 899200 одиниць, із них: легкові автомобілі-746800 одиниць, автобуси-10500 од., вантажні автомобілі-34900 од., спеціальні-107000 од. Рівень автомобілізації склав -308 автомобілів на 1000 осіб[1]. Щорічний приріст автомобільного транспорту у м. Києві складає 10%.

Аналізуючи стан розвитку вулично-дорожньої мережі міста Києва, треба відмітити, що за цей період значних змін не відбулося. На сьогоднішній день загальна довжина вулично-дорожньої мережі складає 1630 км. Порівнюючи з 2003 роком, коли довжина магістральних вулиць складала 620 км, то в 2011 році – це лише 625 км, серед них магістралі загальноміського значення -270,7 км, магістралі районного значення – 354,3 км [1]. У період з 2003 по 2012 роки кількість автомобільного транспорту збільшилася приблизно на 400 тисяч автомобілів, а довжина магістральних вулиць на п'ять кілометрів.

Загальний пробіг автомобільного транспорту розподіляється по вулично-дорожній мережі нерівномірно [2]. Основна його кількість 55-70% припадає на магістральні вулиці загальноміського значення, на магістральні вулиці районного значення приходить 20-30% пробігу, а на долю вулиць і доріг місцевого значення всього лише 10-15% пробігу автомобілів.

Щільність магістральної мережі в місті Києві складає 2,13 км/км<sup>2</sup> [1]. За рівнем насиченості території дорожньо-транспортною мережею Київ істотно поступається більшості європейських столиць і великим світовим містам (у Москві – 4,4 км/км<sup>2</sup>, Лондоні – 9,3 км/км<sup>2</sup>, Нью-Йорку — 12 км/ км<sup>2</sup>, Парижі – 15,0 км/км<sup>2</sup>).

Вочевидь, розвиток вулично-дорожньої мережі відстає від реальних потреб міста. Більшість магістралей має проїзну частину з чотирма смугами руху (середня ширина проїзної частини магістральних вулиць дорівнює 18

м). Геометричні параметри багатьох магістралей не відповідають діючим державним будівельним нормам.

**Мета статті.** Метою роботи є аналіз математичних методів вибору ефективних заходів організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі.

**Основна частина.** На сьогоднішній день умови дорожнього руху в м. Києві відзначаються постійним зниженням швидкостей руху, збільшенням кількості заторових ситуацій, зростанням витрат часу пасажирами легкового та громадського транспорту, збільшенням дорожньо-транспортних пригод та забрудненням території міста автомобільним транспортом.

Щорічне збільшення автотранспортних засобів призвело до виникнення затримок руху не тільки в центральній частині міста, а також у середній і периферійній зоні. Процес руху перейшов на інший рівень складності. Якщо раніше достатньо було переїхати центр міста і далі шлях був вільний, то зараз відносно вільний рух можна спостерігати тільки на вулицях периферійних районів. У цих районах значною відмінністю ранішніх годин від вечірніх є зміна напрямку черги. Вранці всі затримки руху проявляються у бік центру міста, а ввечері навпаки, з центру.

Безумовно, вирішення цих проблем потребує будівництва нових автомобільних магістралей, розширення існуючої мережі магістральних вулиць, будівництва багаторівневих розв'язок, виділення та відокремлення транспортних та пішохідних потоків, соціально-економічних механізмів щодо використання транспортних засобів, зменшення рухливості населення за рахунок створення сприятливого культурно-побутового та виробничого потенціалу територій, зміни фокусів транспортного тягіння через перепрофілювання функцій міських зон та інших заходів. Але вирішення транспортної проблеми шляхом застосування перерахованих заходів потребує значних матеріальних та фінансових вкладень. Більш економним у цьому плані є удосконалення системи організації і управління руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міста.

Під організацією дорожнього руху розуміють комплекс інженерно-технічних і організаційних заходів, спрямованих на максимальне використання транспортним потоком можливостей, які представлені геометричними параметрами дороги та її станом.

Існує ряд специфічних методів, які використовуються окремо чи комплексно при вирішенні проблем організації руху. Основними з них є:

- розділення транспортних потоків на однорідні групи транспорту;
- покращення орієнтування водіїв у процесі руху;
- обмеження руху;
- регулювання руху;

- управління рухом.

Реалізація методів організації дорожнього руху здійснюється за допомогою технічних засобів організації руху. До основних із них відносять: розмітку, направляючі пристрої, дорожні знаки і покажчики, елементи інженерного обладнання доріг, світлофори.

Нині в місті Києві встановлено 551 світлофорний об'єкт, 38 тис. дорожніх знаків та покажчиків, із яких близько 26 тисяч не відповідають діючим нормам, із 1990 р. функціонує автоматизована система керування дорожнім рухом (АСКДР), яка охоплює 107 перехресть[3].

Дорожній рух є багато параметричним і багатofакторним процесом. Кожний його параметр (інтенсивність, щільність, швидкість, часові інтервали, ширина смуги проїзної частини) і фактор (метеорологічні умови: дощ, вітер, температура, вологість повітря, туман, ожеледиця) є випадковими явищами як у часі, так і у просторі. Все це ускладнює процес не тільки функціонування, а і управління дорожнім рухом. Основним компонентом управління у дорожньому русі є дорожні умови (геометричні параметри, інженерне обладнання і транспортно-експлуатаційні характеристики дороги), транспортні і пішохідні потоки.

Аналізуючи можливі методи організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст, значну увагу треба приділити вибору ефективного метода управління транспортними потоками.

*У самому загальному вигляді проблема раціонального розвитку системи організації руху автомобільного транспорту і підвищення ефективності її функціонування може бути сформульована як багатокритеріальна задача відшукування глобального рішення деяких множин цільових функцій[4].*

$$w = \{w_i(f_i(\alpha))\} \quad (i=1, \dots, M) \quad (1)$$

де  $w_i$ - цільова функція деяких множин критеріїв  $f_i(\alpha)$ ,

$\alpha^0$  - ефективна альтернатива множин рішень критеріїв,  $f = \{f_i\} \quad (i=1, \dots, M)$

За умови, що альтернатива  $\alpha^0$  називається ефективною, якщо немає інших альтернатив, кращих хоча б по одному критерію і не гірших за іншими критеріями. Рішення параметричної задачі оптимізації багатьох цільових функцій дає безліч екстремальних значень, розташованих у різних площинах чи множинах ефективних альтернатив. У цьому випадку залишається проблема вибору єдиного компромісного рішення [4].

Вибір рішення при наявності безлічі функціональних цілей

$$F_t = \{F_t(X_t)\} \quad (t = 1, 2, \dots, M) \quad (2)$$

де  $X_t$  - деяка альтернатива, під якою необхідно розуміти безупинну векторну змінну, що належить опуклій замкнутій площині, а також дискретні змінні, що приймають кінцеву множину заданих значень. Через те, що остаточне рішення за кожним критерієм не завжди можна отримати при тому

самому значенні  $X^0$ , тому результат пропонується розуміти як множину ефективних альтернатив.

Якщо  $X^0$  - ефективна альтернатива множини критеріїв ( $t=1, 2, \dots, M; I=1, \bar{n}$ ); то  $\Delta\alpha^0$  - ефективна альтернатива безлічі функцій

$$\Delta A_t = \{\Delta\alpha_t[F_t(X_t)]\} \quad (t = 1, 2, \dots, M; I = 1, \bar{n}) \quad (3)$$

де  $\Delta\alpha_t = [F_t(X_t)]$  монотонна функція  $F_t(X_t)$ .

Значення  $F_t^0, F_{I(\max)}, F_{I(\min)}$  знаходяться при  $X_t \in U$  або  $X_t \in V$ ,

де  $U$  - опукла замкнута область,  $V$  - дискретна множина.

Рішення параметричної задачі[5]:

$$\min \Delta A_t(X_t) = \min \left\{ \sum_{t=1}^m \gamma_t \frac{F_t(X_{I(\max)}) - F_t(X_t)}{F_t(X_{I(\max)})} + \sum_{t=m+1}^M \gamma_t \frac{F_t(X_t) - F_t(X_{I(\min)})}{F_t(X_t)} \right\} \quad (4)$$

$$X_t \in U$$

$$X_t \in V$$

Для всіх  $\gamma_i \in F + \left\{ \gamma_i > 0, \sum_{i=1}^M \gamma_i = 1 \right\}$  при досить загальних умовах є множина

альтернатив. Задача зводиться до вибору компромісного рішення. Під компромісним рішенням будемо розуміти таку ефективну альтернативу  $X_t^k \in U$  ( $X_t^k \in V$ ), для якої виконується рівність:

$$Q_1 \Delta Q_1 [F_1(X_t^k)] = \dots = Q_i \Delta Q_i [F_i(X_t^k)] = \dots = Q_\mu \Delta Q_\mu [F_\mu(X_t^k)] = K_0 \quad (5)$$

або таке рішення, що дає найменше відносне відхилення від оптимального значення по всіх частинних критеріях відповідно до заданої переваги, обумовленими ваговими коефіцієнтами  $Q_i$ , такими, що

$$Q_i \in Q^+ = \left\{ Q_i > 0, \sum_{i=1}^M Q_i = 1 \right\}$$

Якщо критерії рівноцінні, то  $Q_i = -\frac{1}{\mu}$  ( $i=1, 2, \dots, M$ ) і компромісним

рішенням буде таке, для якого відносні втрати, виражені співвідношеннями (4), однакові.

Якщо ж критерії нерівноцінні, то компромісним рішенням буде таке, для якого однаково «зважені» витрати[5].:

$$\bar{w}(X_t) = Q_i w_i \left[ F_t(X_t) = Q_i \frac{F_t(X_{I(\max)}) - F_t(X_t)}{F_t(X_{I(\max)})} \right] \quad (6)$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; I = 1, 2, \dots, n)$$

$$\bar{w}(X_t) = Q_i w_i [F_t(X_t)] = Q_i \frac{F_t(X_t) - F_t(X_{I(\min)})}{F_t(X_t)} \quad (7)$$

$$(i = m + 1, \dots, M; I = n + 1, \dots, N)$$

Як видно з (6) і (7),  $\bar{w}_i$  задовольняє обмеження  $0 < K_0 \leq w_i \leq 1$ , у випадку

рівноцінних критеріїв, а також  $0 < K_0 \leq \tilde{w}_i[F_i(x_i)] = Q_i w_i < 1$  для нерівноцінних.

**Висновки.** Отже, під компромісним рішенням будемо розуміти таку ефективну альтернативу  $x_i^k \in U (x_i^k \in V)$ , для якої виконується рівність (5) і мінімізується комплексний критерій у вигляді узагальненої ознаки по всіх відносних відхиленнях від екстремальних значень функцій частинних критеріїв або частинних ознак.

Основною задачею аналізу стану і надійності функціонування ВДМ є оцінка існуючого стану системи організації руху автомобільного транспорту і визначення рівня розвитку та ефективності роботи системи, виявлення першочергових напрямків для поліпшення її функціонування.

### Список використаних джерел

1. Генеральний план міста Києва. Основні положення.-К.: Комунальна організація «Інститут генерального плану м. Києва», 2011.-107 с.
2. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов.-М.: Стройиздат, 1970, - 302 с.
3. Програма розвитку автоматизованих систем управління транспортом міста Києва АСУТ (АСКДР, АСДУ) на 2007—2009 роки. Додаток до рішення Київрадивід 19 грудня 2006 року № 291-1/348
4. Карторович Л. В., Лившица В.Н. Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта. — М.: Наука, 1982.-327с.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976.-320с.

### Аннотация

В этой статье рассматриваются особенности выбора эффективных методов организации дорожного движения на улично - дорожной сети.

Ключевые слова: Транспортное средство, организация дорожного движения, уровень автомобилизации.

### Annotation

This article discusses the features of the choice of effective methods of traffic on the street - road network.

Keywords: vehicle, traffic, car ownership.