

І.К. ШАША, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет внутрішніх справ
Л.І. ШАША, доцент, НТУ «ХПІ»

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ АВТОМА-ТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

Виконано аналіз ефективності використання потенційного екологічного ризику та скорочення середньої тривалості життя для управління дорожнім рухом та доведено, що застосування цих характеристик буде раціональним у випадку високої інтенсивності руху. Запропоновано в якості універсальної цільової функції оптимізації управління дорожнім рухом використовувати величину сумарного часу затримок транспортних засобів перед перехрестями міської вуличної мережі за один цикл регулювання.

Выполнен анализ эффективности использования потенциального экологического риска и сокращения средней продолжительности жизни для управления дорожным движением и доказано, что применение этих характеристик будет рациональным в случае высокой интенсивности движения. Предложено в качестве универсальной целевой функции оптимизации управления дорожным движением использовать величину суммарного времени задержек транспортных средств перед перекрестками городской уличной сети за один цикл регулирования.

Substantiation and choice of road traffic automatic control system special facility. The analysis of potential ecological hazard usage efficiency and reduction of average length of human life for road traffic management has been done. It has been proved that the application of these characteristics will be efficient in case of high traffic volume. It is suggested to use the total value of road vehicle delay time at urban road network crossings as an universal function of road traffic management optimization. During one traffic control cycle.

Ключові слова: управління дорожнім рухом, екологічний ризик, середня тривалість життя, інтенсивність руху автомобілів, викиди шкідливих речовин.

Вступ. Оцінка якості управління дорожнім рухом і проектними рішеннями в сфері організації дорожнього руху в містах, комплексних систем організації руху міст із населенням понад 100 тис. жителів, тимчасових схем організації на період перекриття значних ділянок вуличної мережі сполучена з необхідністю урахування великої кількості даних для розв'язання протиріч невизначеності об'єктивного та суб'єктивного характеру [1, 2].

До таких факторів відносяться: - топологічні характеристики, що відбивають геометричну структуру вуличної мережі і параметри її окремих елементів (ширина проїзної частини, конфігурація перехресть та транспортних розв'язок); - схеми руху автотранспортних засобів (однобічний рух, число смуг руху, заборони маневрів на перехрестях, заборони руху вантажного транспорту), наявність пішохідних потоків (дислокація нерегульованих і регульованих пішохідних переходів, наявність пішохідних огорожень); - наявність світлофорного регулювання і елементів інтелектуальної підтримки прийняття рішень (схеми пофазного роз'їзду та параметри управління, координація мережі світлофорних об'єктів); - фактори, пов'язані з рухом маршрутного громадського транспорту (інтенсивність руху

автобусів, тролейбусів та трамваїв, дислокація зупинок) та паркуванням транспортних засобів на проїзній частині.

Очевидно, що врахувати все різноманіття факторів для оцінки ефективності організації і управління дорожнім рухом можна лише для невеликих ділянок вуличної мережі із використанням прогресивних інформаційних технологій для підвищення якості автоматизованого управління дорожнім рухом за рахунок реалізації принципів оптимізації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ефективність управління дорожнім рухом можна оцінювати безліччю чинників, які залежать від управління. В якості цільової функції управління дорожнім рухом ряд авторів пропонують використовувати наступні величини: кількість ДТП [1], соціально-економічні збитки від ДТП, обсяг шкідливих речовин [3, 4], загальний час проїзду по маршруту, число зупинок за одну поїздку, коефіцієнт пропуску, середня затримка екіпажу за цикл, середні простої, швидкість сполучення, інтенсивність руху тощо.

Постановка задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування та вибір цільової функції автоматичної системи управління (АСУ) дорожнім рухом. Усереднені в цілому по м. Харків дані про забруднення атмосферного повітря вказують на несприятливу екологічну обстановку практично у всіх районах міста. Середня концентрація оксиду вуглецю дорівнює 8,3 мг/м³ (2,75 ГДКс.д.).

Існуючий рівень забруднення атмосферного повітря являє пряму та явну загрозу для населення та довкілля. У зв'язку з цим пропонується оцінити можливість застосування в якості цільової функції величини екологічного ризику, що визначається в залежності від рівня забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автомобілів.

Обґрунтування та вибір цільової функції АСУ дорожнім рухом. При забрудненні атмосферного повітря відповідно до закону Вебера-Фехнера має місце існування певної функціональної залежності між рівнем забруднення та ризиком:

$$r = \alpha \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (1)$$

де r - рівень ризику; C - концентрація шкідливих речовин у повітрі, мг/м³.

Прийнятний ризик як імовірність смерті протягом року для людини від небезпек, обумовлених станом довкілля, вважається рівним 10⁻⁶. Такому ризику відповідає вміст шкідливих речовин у повітрі з концентрацією, рівною ГДКс.д. Якщо концентрація цих речовин буде дорівнювати середньо смертельній $C=ЛК50$, то рівень ризику складає величину $r=0,5$. Таким чином, на основі нормативних показників можна встановити дві закріплені точки залежності:

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \alpha \cdot \lg \frac{C_1}{N_0} \\ 0,5 = \alpha \cdot \lg \frac{C_2}{N_0} \end{cases} \quad (2)$$

Функція величини потенційного екологічного ризику від концентрації компонентів вихлопних газів автомобілів в атмосферному повітрі буде мати такий вигляд:

$$r = 0,5 \cdot \frac{\lg \frac{C}{AA\hat{E}_{\tilde{n}.\ddot{a}}}}{\lg \frac{E\hat{E}_{50}}{AA\hat{E}_{\tilde{n}.\ddot{a}}}} \quad (3)$$

Це рівняння дозволяє визначити скорочення середньої тривалості життя (СТЖ) при відомій концентрації C шкідливих речовин у повітрі. Використання оцінки у вигляді відношення двох величин еквівалентно переходу від інтенсивної до екстенсивної характеристики впливу – дози, яка, як відомо, є інтегральною величиною і визначається з урахуванням часу впливу.

Очікуваний індивідуальний ризик розраховується з урахуванням часу перебування в даних умовах:

$$r_{3\ddot{a}} = r \cdot \eta, \quad (4)$$

де η - вірогідність перебування індивідуума в зоні забруднення впродовж доби.

Очікуване імовірне скорочення середньої тривалості життя за рік складає:

$$\dot{N}O\mathcal{A}_{3\ddot{a}} = 365 \cdot r_{3\ddot{a}} \quad (5)$$

Для визначення сумарного екологічного ризику R при незалежній дії декількох речовин спочатку розраховується величина ризику r_i для кожної речовини, а потім визначається сумарний ризик:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - r_i) \quad (6)$$

де m - кількість шкідливих речовин.

Запропонована методика розрахунку величини сумарного ризику та СТЖ, яка використовує базові нормативні дані, дозволяє дати кількісну оцінку небезпеки забруднення атмосферного повітря. У зв'язку з цим можна застосувати екологічний ризик як цільову функцію управління дорожнім рухом.

При розрахунку викидів шкідливих речовин, що містяться у вихлопних газах автотранспорту, для карбюраторних двигунів розглядаються оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CmHn) і оксиди азоту NOx. Для автомобілів із дизельними двигунами додатково визначається вміст сажі. Слід зазначити, що більш жорсткі європейські стандарти враховують викиди CO, а також суму CmHn і NOx [5].

Оцінка рівню впливу на атмосферне повітря вихлопних газів автомобілів виконується на елементах вуличної мережі – на вулицях і перехрестях. Щоб врахувати особливості виділення газів автомобілів на перехрестях введемо додаткові коефіцієнти:

$$M_i = k_u \cdot k \cdot k_i \cdot k_p \cdot k_s \cdot k_v \cdot M_{oi}, \quad (7)$$

де k_u - збільшення викидів через світлофорне переривання автомобільного потоку; k - збільшення викидів через незадовільну якість палива; k_i - характеризує справність і регулювання систем живлення автомобілів; k_p - характеризує особливості планування й організації перехресть, наявність зупинок громадського транспорту, пішохідних переходів, підземних переходів тощо; k_s - коефіцієнт

рельєфної складності перехрестя; k_v - коефіцієнт, що характеризує середній „вік” автомобілів у потоці; M_{oi} і M_i - ідеальний і реальний викид компонентів, г/с.

Значне збільшення викидів пов'язано з незадовільною якістю палива та несправністю систем живлення автомобілів. Більше 10% аналізів застосовуваного палива показують невідповідність нормативам, тому можна прийняти $k=1,1$. Перевірки, проведені під час операції „Чисте повітря” в м. Київ показали, що кожний третій автомобіль потребує регулювання системи живлення [6]. Це відповідає $k_i=1,33$.

Через відсутність достовірних даних про рельєфну складність і видимість на всіх перехрестях прийmemo $k_s=1,05$. Значення $k_v=1,2$ тому, що більше 20% автомобілів у приведеному потоці експлуатуються понад 10 років.

Значення $k_u=1$ відповідає рухові на ділянці вулиці без зупинок. При світлофорному регулюванні приблизно половина циклу регулювання (20-30 с) витрачається на накопичення групи автомобілів і чекання сигналу світлофора, що дозволяє рух. При русі умовний автомобіль виділяє $P_i=24,3$ г/км або 1,215 г оксиду вуглецю на відрізок шляху 50 м, що складає перехрестя. А при зупинці цей же автомобіль за 30 с у режимі холостого ходу викидає 2,25 г оксиду вуглецю. При часі затримки у світлофора 10, 20 і 30 с величина k_u приймає відповідно значення 1,75; 2,2 і 2,8. При чеканні впродовж 40 с $k_u=3,47$. При відсутності світлофорного регулювання значення $k_u=10...12$.

Запропонована методика розрахунку екологічного ризику та величини скорочення середньої тривалості життя дозволяє застосовувати ці характеристики в якості цільової функції управління дорожнім рухом. Водночас слід зазначити, що величина екологічного ризику і скорочення середньої тривалості життя змінюються незначно при малих інтенсивностях транспортних потоків. Тому застосування величини екологічного ризику й скорочення середньої тривалості життя в якості цільової функції управління АСУ дорожнім рухом буде ефективним при значних інтенсивностях транспортних потоків.

Висновки. Аналіз ефективності використання потенційного екологічного ризику і величини скорочення середньої тривалості життя показує, що застосування цих характеристик для управління дорожнім рухом є раціональним у разі високої інтенсивності руху. Як слідує з наведених результатів і екологічний ризик, і час прямування автомобіля з одного пункту в інший, і витрати пального визначаються в залежності від затримок автотранспортних засобів перед регульованими перехрестями. Тому можна рекомендувати в якості цільової функції для оптимізації управління дорожнім рухом величину сумарного часу затримок транспортних засобів перед перехрестями міської вуличної мережі за один цикл регулювання.

Список літератури: 1. Дерех З.Д., Рейцен Є.О. Дослідження підвищення ефективності автоматизованих систем керування дорожнім рухом в Україні // Безпека дорожнього руху України. – К.: ТОВ „ISTERPRESS - Україна”. – 2009. - № 1(2). – С. 79-89. 2. Нутович А.А., Давимока В.Г. Стадии создания автоматизированной системы управления дорожним движением в Одессе // Безпека дорожнього руху України. – К.: ТОВ „ISTERPRESS - Україна”. – 2008. - № 2(7).

– С. 63-72. **3.** Юдін В.П., Райда І.М. „Внесок” автомобільного транспорту в забруднення повітряного басейну міста Запоріжжя // Автошляховик України. – 1999. - № 3. – С. 16-17. **4.** Редзюк А.М., Гутаревич Ю.Ф. Нормування екологічних показників ДТЗ: розвиток, стан, перспективи // Автошляховик України. – 2001. - № 4. – С. 2-10. **5.** Формальчик Є.Ю., Качмар Р.Я., Преснер Б.М., Гулай В.І. Вибірковий аналіз викидів оксиду вуглецю з відпрацьованими газами автомобілів // Автошляховик України. – 2002. - № 2. – С. 16-19. **6.** Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин від автотранспорту. – К.: Держкомстат України, 2000. – 20 с.

Надійшла до редакції 10.04.2012р.