

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

П.Ф. Горбачов, доцент, к.т.н., О.О. Холодова, асистент, ХНАДУ

***Анотація.** Наводиться аналіз забруднення повітря в м. Харкові та обґрунтовується величина потрібної кількості замірів шкідливих викидів, необхідних для забезпечення достатньої точності результатів оцінки рівня забруднення.*

***Ключові слова:** транспортні потоки, інтенсивність руху, концентрація шкідливих речовин, фактори впливу, окис вуглецю, вулично-дорожня мережа.*

Вступ

Інтенсивне зростання кількості автотранспортних засобів (АТЗ) за останні десять років призвело до перевантаження вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст України, особливо в їх центральних частинах. При такому швидкому зростанні автомобільного парку та зміні його структури в Україні виникає необхідність вирішення серйозних проблем, які пов'язані із нанесенням автотранспортом шкоди для суспільства і навколишнього середовища через викид шкідливих речовин в атмосферу.

Ліквідувати проблему можна комплексно впливаючи на рівень забруднення повітря за трьома напрямками: по-перше, зменшенням токсичності викидів від кожного окремого автомобіля шляхом удосконалення окремих агрегатів та використання більш безпечних видів палива (технічні заходи); по-друге, зниженням концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі за рахунок раціонального планування та забудови приміагістральних територій, а також газозахисних споруд та озеленення (містобудівні заходи); по-третє зменшенням обсягів викидів від потоків автотранспорту на магістралях шляхом удосконалення транспортно-планувальних характеристик ВДМ та покращенням організації дорожнього руху (ОДР).

До останнього напрямку відносяться введення світлофорного регулювання, обмеження загальної інтенсивності транспортних пото-

ків (ТП), корегування їх складу, виділення безтранспортних зон, утворення пішохідних зон, будівництва паркінгів, у тому числі підземних для відстою АТЗ та інші заходи. Особливої актуальності раціональна ОДР набуває у центральних частинах міст, де озеленення, застосування інженерних споруд або інших містобудівних заходів у більшості випадках не можливо (недоцільно) із-за відсутності необхідної території чи з естетичних міркувань.

Першим кроком на шляху раціоналізації ОДР з точки зору екологічної безпеки повинне стати встановлення закономірностей впливу транспортних потоків на рівень викидів шкідливих речовин в повітрі.

Аналіз публікацій

Існує багато варіантів розрахунку розмірів викидів шкідливих речовин. Оцінка стану повітряного басейну в населених пунктах проводиться шляхом порівняння реальних концентрацій з гранично-припустимими концентраціями (ГПК) [1]. Але все зводиться тільки до оцінки рівня забруднення навколишнього середовища, механізм зменшення екологічного навантаження шляхом впровадження необхідних заходів, відсутній [1]. Необхідно відмітити, що критерієм екологічної безпеки доріг є така градація: при концентрації CO до 3 мг/м^3 позначає «відмінно» або «екологічно безпечно», при CO від 3 до 5 мг/м^3 – «добре» або «екологічно слабо небезпечно», при CO від 5 до 20 мг/м^3 –

«задовільно» або «екологічно помірно небезпечно» та при CO від 20 мг/м^3 та вище «незадовільно» або «екологічно небезпечно» [2].

Методи прогнозування і моделювання процесу забруднення повітря міста поки відстають від розрахункових методів визначення концентрацій шкідливих викидів стаціонарних джерел. Тому основна увага спеціалістів направлена на створення і удосконалення моделей для розрахунку приземних концентрацій шкідливих речовин, які враховують вплив різних факторів на характер дисперсії цих речовин в умовах примігстральної забудови. Оскільки кожний метод розрахунку включає різні параметри, слід приділяти увагу розробці більш точної універсальної методики розрахунку [3 – 5].

У сфері розробки більш ефективних методів спостереження і належного контролю за викидами відпрацьованих газів і величинами інтенсивності дорожнього руху, особливо у великих містах України, ведуться дослідження в напрямку розроблення відповідної мережі спостереження, яка забезпечить отримання необхідних результатів і допоможе швидко провести належні заходи по ОДР на небезпечних, з точки зору екології, ділянках ВДМ. Але розроблені системи спостереження не досліджують екологічні та технічні характеристики схем ОДР безпосередньо у відповідних місцях на різноманітних ділянках ВДМ, з врахуванням забудови навколо доріг [6].

Велика увага приділяється і комплексним схемам ОДР та встановленню функціональних залежностей рівня екологічних характеристик від технічних схем ОДР. Але усі дослідження рівня екологічних характеристик зводяться лише до того, що в імітаційних моделях враховується циклічний характер руху автомобілів в містах, який пов'язаний з зупинками перед перехрестями та наступним розгоном, без достатньої оцінки параметрів всього транспортного потоку [7].

Мета та постановка задачі

З метою встановлення закономірностей впливу параметрів транспортних потоків на екологічний стан міст, необхідна розробка методики проведення дослідження транспортних потоків та екологічного навантаження в великих містах. Для детальної розробки та-

кої методики необхідно вирішення ряду задач, які можна об'єднати в три етапи. На першому етапі провадиться обґрунтування набору екологічних характеристик транспортного потоку (характеристика шкідливих речовин, характеристики параметрів транспортних потоків, які здійснюють вплив на збільшення забруднення навколишнього середовища, характеристики ВДМ).

Другий етап присвячений організації проведення замірів з фіксації характеристик транспортних потоків (обґрунтування місця, часу проведення замірів, кількості спостережень на основі класифікації елементів мережі автомобільних доріг). На третьому етапі розробляється спосіб фіксації шкідливих речовин паралельно з фіксацією характеристик руху ТП (вибір технічних засобів фіксування викидів шкідливих речовин, місць пунктів спостереження, часу проведення замірів та кількості спостережень).

Результати дослідження

У цій статті визначається необхідна кількість замірів викидів забруднюючих повітря речовин в рамках другого етапу досліджень. Це питання можливо вирішити на основі аналізу існуючих результатів спостережень за рівнем забруднення повітря в містах.

В табл. 1 наведено дані про концентрацію в повітрі м. Харкова окису вуглецю за останні 6 років, який є основним токсикантом відпрацьованих газів автомобілів та складає 70% в загальній масі всіх шкідливих речовин. Ці дані отримані за допомогою натурних замірів міською епідеміологічною станцією. Такі заміри систематично проводяться в містах за нормативною методикою, наведеною в [8].

З наведених даних можна зробити висновок, що екологічний стан повітря в деяких місцях покращився, а в деяких погіршився. З одного боку, це ще раз нагадує про актуальність питань зниження екологічного навантаження в м. Харкові. З іншого, коливання рівня забруднення повітря в районі, отримані шляхом проведення замірів за сталою методикою, диктують необхідність статистичної перевірки можливості використання цих даних для планування.

Таблиця 1 Концентрації окису вуглецю на автошляхах м. Харкова за даними міської санітарної епідеміологічної станції, мг/м³

Місце проведення заміру	Максимальна концентрація СО за роками, мг/м ³					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Вул. Кірова – вул. Плеханівська	3,46	3,37	3,3	–	–	–
Вул. К. Маркса – вул. Ярославська	–	4,0	1,7	–	–	–
Вул. Пушкінська	16,0	9,7	7,5	9,5	11,3	7,2
Пр. Московський	–	3,0	5,7	12,0	12,0	8,2
Пр. Гагаріна	–	-	6,2	–	–	–
Пр. 50-річчя СРСР	–	2,6	5,0	–	–	–
Вул. Полтавський шлях	–	2,9	2,1	–	–	–
Вул. Шевченко	–	4,0	4,8	2	3,3	2,9

Перш за все необхідно оцінити відтворюваність спостережень, що проводяться міською епідеміологічною станцією, як результатів експерименту. Така оцінка проводиться шляхом перевірки гіпотези про рівність дисперсій результатів кожної серії дослідів. Оскільки кількість спостережень кожного року різна, перевірка цієї гіпотези виконується за критерієм Бартлета (M) [9], який використовується при нерівності чисельності вибірок, що спостерігаються.

$$M = 2,3026 \cdot (\lg \overline{\sigma_a^2} \cdot \sum n_i - \sum n_i \cdot \lg \sigma_i^2), \quad (1)$$

де $\overline{\sigma_a^2}$ – зважена середня арифметична з дисперсій; σ_i^2 – дисперсія i -ої вибірки, n_i – чисельність i -ої вибірки.

Для формування висновків за критерієм Бартлета необхідно розрахувати константу C

$$C = 1 + \frac{\sum \frac{1}{n_i} - \frac{1}{\sum n_i}}{3(m-1)}, \quad (2)$$

де m – кількість порівняльних дисперсій.

В результаті розрахунків одержуємо, що при $1 - \alpha = 0,95$ та п'яти степенях вільності відношення M/C , яке розподілене як χ^2 , дорівнює 8,0 що значно менше табличного $\chi_T^2 = 11,07$, а це свідчить про незначне розрізнення дисперсій.

Але критерій Бартлета поступається потужністю критерію Кохрана, за яким також можлива перевірка гіпотези про рівність дисперсій результатів спостережень. Тому було прийнято рішення про проведення додаткової перевірки гіпотези про рівність дисперсій за допомогою критерію Кохрана [9], який являє собою відношення максимальної з порівняльних дисперсій до суми усіх дисперсій.

$$q_\phi = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_k^2}. \quad (3)$$

Але необхідною умовою використання цього критерію є рівна чисельність усіх вибірок. Тому додаткова перевірка проводилась лише за замірами за 2003 та 2004 роки, без врахування пр. Гагаріна.

Різниця дисперсій виявилась не суттєвою також і за критерієм Кохрана, фактичне значення якого $q_\phi = 0,59$, виявилось менше табличного $q_T = 0,8534$.

Підтвердження відтворюваності експерименту за двома критеріями дає надійну основу для використання його результатів з метою оцінки потрібної кількості дослідів при проведенні експерименту щодо визначення залежності рівня забруднення повітря від параметрів транспортних потоків в м. Харкові.

Розрахунок кількості дослідів слід проводити за окремими елементами транспортної мережі, умови руху на яких суттєво відрізняються між собою. В якості таких виділені три елементи: перехрестя та два типи вулиць, за

Таблиця 2 Розрахунок потрібної кількості замірів для оцінки середнього рівня забруднення транспортними потоками в м. Харкові

Місце проведення заміру	Перехрестя	Периферійні вулиці	Центральні вулиці
Кількість місць проведення замірів, од.	2	5	1
Кількість замірів, од.	5	15	6
Середнє значення концентрації CO, мг/м ³	3,17	5,11	10,20
Середнє квадратичне відхилення концентрації CO, σ^2 , мг/м ³	0,59	10,05	8,64
Генеральна сукупність, N , од.	495	1225	410
Довірча ймовірність, %	95	90	90
Значення вибірки, n , од.	15	96	22

ознакою їх завантаженості транспортними потоками, з умовними назвами, центральні (з інтенсивністю руху близькою до пропускної спроможності) та периферійні (зі значним запасом пропускної здатності).

Кількість кожного типу елементів приймалась з двох моделей транспортної системи м. Харкова, розроблених на кафедрі транспортних технологій в програмному середовищі PTV VISION[®] VISUM: моделі маршрутного транспорту та моделі транспортної мережі центральної частини міста. Вихідні дані для розрахунку потрібної кількості дослідів наведено в табл. 2.

Проведення експерименту планується організувати за допомогою власно-випадкового методу відбору на тій частині ВДМ м. Харкова, на якій відбувається рух не тільки місцевого транспорту, який має на цих вулицях місце відправлення або прибуття, але й транзитного, в межах міста чи поза ними. В якості таких в цій роботі приймаються вулиці на яких організовано рух маршрутного транспорту.

Розрахунок кількості дослідів проводиться для неповторного способу відбору одиниць у вибірку сукупність [9].

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{N \cdot \Delta^2 + t^2 \cdot \sigma^2}, \quad (4)$$

де t – нормоване відхилення за розподілом Стьюдента [9], Δ – гранична помилка вибірки, мг/м³, N – генеральна сукупність, од.

Результати розрахунків, наведені в табл. 2, дають змогу для проведення подальшої роботи з підготовки та організації експерименту з визначення залежності рівня викидів шкідливих речовин від параметрів транспортних потоків на найбільш завантаженій частині ВДМ м. Харкова.

Висновок

Аналіз літературних джерел показав, що питання оцінки стану повітря, прогнозування та моделювання процесу забруднення атмосфери, спостереження за викидами шкідливих речовин та розробки комплексних схем ОДР вирішуються не в повному обсязі. Для підвищення якості ОДР з точки зору екології необхідно визначити закономірності впливу параметрів транспортних потоків на ступінь забруднення атмосфери шкідливими речовинами.

За результатами існуючих спостережень за станом примагістрального повітря в м. Харкові можна побачити, що викиди основного токсиканта окису вуглецю перевищують ГПК в ряді місць. Необхідність зниження загазованості особливо гостро проявляється в центральних районах, що пояснюється високою інтенсивністю руху при незначній площі, великій кількості перехресть та вагомій частці внутріміського транзиту в центрі міста.

Проведення вказаної в табл. 2 кількості замірів забезпечить формулювання висновків відносно результатів експерименту з довірчою ймовірністю 95% для перехресть та 90%

для обох типів вулиць, що є цілком прийнятним з врахуванням цілей проведення експерименту.

Наступним кроком досліджень повинна стати розробка методики проведення експерименту з визначення закономірностей впливу параметрів транспортних потоків на рівень викидів шкідливих речовин, результати якого забезпечать основу для досягнення кінцевої мети роботи – формування методики зі зниження екологічного навантаження в крупних містах шляхом раціоналізації схем ОДР.

Література

1. ГСТУ 218-02071168-096-2003. Охорона навколишнього середовища. Автомобільні дороги загального користування. Оцінка та прогнозування екологічного стану доріг та виробничих баз. – К.: Укравтодор. Мінтрансу України, 2003.
2. Шаповалов А.Л. Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха в природном пространстве // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2002. – Вып. 19. – С. 82 – 84.
3. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. – М.: Высш. шк. – 89. – 178 с.
4. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. – М., Транспорт, 1990. – 135 с.
5. Говорущенко М.Я., Туренко А.М. Системотехніка транспорту. – Харків: ХНАДУ, 1999. – 468 с.
6. Степанчук О.В. Методи створення і ведення транспортно-екологічного моніторингу в крупних і найкрупніших містах на прикладі: Автореф. дис. канд. техн. наук. 05.23.20 / КНУБА. – К., 2004. – 16 с.
7. Бакулич Е.А. Усовершенствование методов разработки схем организации дорожного движения с учетом уровня экологических характеристик: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01. – К.: КАДИ, 1994. – 20 с.
8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89. – М., 1991.
9. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: Справочник. – М.: Статистика, 1979.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 23 листопада 2007 р.