

## ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Матейчик В.П., доктор технічних наук  
Никонович С.О.  
Сапожник Ю.В.

**Постановка проблеми.** Автомагістралі міст є потужними джерелами техногенного навантаження, що чинять суттєвий вплив на придорожнє середовище. Інтенсивне забруднення повітря у великих містах зумовлене швидким зростанням чисельності транспортних засобів та відставанням темпів розвитку дорожньо-транспортної мережі. Це спричинює виникнення заторних ситуацій, коли двигуни працюють в режимах малих навантажень і холостого ходу, що характеризуються підвищеними витратами палива та викидами. Екологічна небезпека забруднення великих міст стала однією із актуальних проблем сучасності [1]. В зв'язку з цим існує потреба в постійному моніторингу вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для оцінки рівня забруднення придорожнього середовища в залежності від складу ТП, дорожніх та атмосферних умов.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Методи оцінки вимірників впливу та рівнів забруднення придорожнього простору регламентують відповідними законодавчими актами України та нормативно-методичними документами [2,3].

Отримання інформації про забруднення придорожнього середовища викидами автотранспорту в атмосферне повітря можливе двома шляхи:

- експериментальними вимірами параметрів, що характеризують якість повітря поблизу об'єктів транспортної інфраструктури;
- розрахунком викидів забруднюючих речовин в атмосферу пересувними джерелами (для міст і міських регіонів, окремих магістралей і транспортних об'єктів).

Для вирішення задач, пов'язаних з моделюванням і прогнозуванням забруднення атмосфери транспортними потоками, найбільш перспективним є використання розрахункових методів. У європейських країнах для розрахунків концентрацій використовуються методики, рекомендовані МАГАТЕ, в яких за основу взято емпіричну модель Пасквілла-Гіффорда [5], яка використовується для відстаней до 10 км. У основі моделі – представлення концентрації домішок, що викидаються безперервним джерелом в атмосферу з гаусовим розподілом по вертикалі та в поперечному до вітру напрямі. Можливі атмосферні метеорологічні умови діляться на 6 класів стійкості, розподіл швидкості вітру вважається функцією від висоти. Основним базисом моделі є узагальнені багаточисельні експериментальні дані. В нашій країні поширені моделі на основі теорії турбулентної дифузії домішок в атмосферному повітрі [3, 4], які покладені в основу галузевого стандарту, що є чинним і використовується для розрахунків [3].

При визначенні рівня забруднення придорожнього середовища транспортним потоком необхідно враховувати ряд особливостей:

- вузьку лінійну локалізацію викидів вздовж доріг;
- неоднорідність щільності і складу транспортного потоку в часі, що залежить від пори року, дня тижня, часу доби;
- значну просторову мінливість характеристик потоку, що визначається ступенем віддаленості від великих населених пунктів, характером покриття доріг;
- приземне розташування джерел, що сповільнює розсіювання викидів.

Крім того, для оцінки рівня забруднення придорожнього простору можуть бути використані результати раніше проведених досліджень, таких як безпосередні

інструментальні та візуальні обстеження автомобільної дороги; дані державних органів з охорони навколишнього природного середовища (метеорологічні дані спостережень території, на якій розташована автомобільна дорога); дані Державної інспекції безпеки дорожнього руху та транспортної інспекції; опубліковані дані бюлетенів, щорічників, карт, довідників, матеріалів науково-дослідних, а також проектних організацій та ін.

Процеси розподілу шкідливих речовин у придорожньому просторі під дією кліматичних і погодних умов описуються спрощеними або більш детальними моделями [5].

**Метою статті** є порівняльна оцінка рівня забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами відпрацьованих газів транспортного потоку, визначеного експериментально та з використанням уточненої моделі дисперсії розподілу домішок в атмосфері.

**Основна частина.** На основі методики, розробленої кафедрою екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету [7], було проведено оцінку величини викидів забруднюючих речовин в придорожнє середовище автотранспортними потоками.

Масовий викид  $i$ -ї забруднюючої речовини транспортним потоком  $M_i$ , розраховується із врахуванням категорії транспортних засобів, їх екологічного класу Євро, виду використовуваного палива за формулою, мг/с [6]:

$$M_i = \frac{1}{3600} \times I \times \sum_{jk} (m_{ikpv} \times \gamma_{kpj} \times k_j) , \quad (1)$$

де  $I$  – інтенсивність транспортного потоку, авт./год;

$m_{ikpv}$  – питомі викиди  $i$ -ї забруднюючої речовини транспортним засобом;

$k$ -ї категорії екологічного класу Євро-0, який використовує  $p$ -й вид палива при  $v$ -ій швидкості руху транспортного потоку, мг/км;

$\gamma_{kpj}$  – частка транспортних засобів  $k$ -ї категорії  $p$ -го виду палива  $j$ -го екологічного класу Євро ( $\sum \gamma_{kpj} = 1$ ).

Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі придорожнього середовища на відстані « $x$ » від осі дороги  $C(x)$  визначається за формулою, мг/м<sup>3</sup>:

$$C(x)_i = \frac{M_i}{\pi \times u \times \sin \alpha \times \sigma_y \times \sigma_z} e^{\left[ \frac{-H^2}{2 \times \sigma_z^2} \right]}, \quad (2)$$

де  $u$  – швидкість вітру, м/с;

$\alpha$  – кут між напрямом вітру і напрямом дороги, град;

$\sigma_y, \sigma_z$  – дисперсії розподілу домішок в атмосфері в напрямках  $y$  і  $z$ , м;

$H$  – висота джерела викиду, м (для змішаного транспортного потоку – 0,5 м).

Вихідними даними для розрахунку викидів були результати натурних спостережень якісного та кількісного складу транспортних потоків і метеорологічні показники.

Надзвичайно важливо оцінити достовірність отриманих результатів для реальних транспортних потоків.

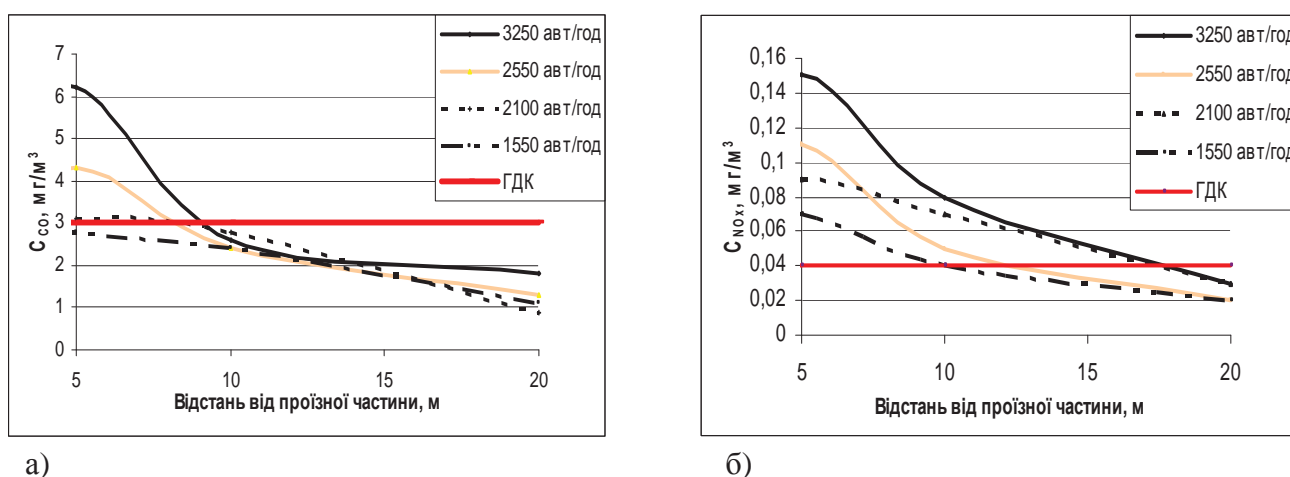
Натурні спостереження характеристик транспортного потоку проводились в два етапи: 1) виділялась типова для міста ділянка вулично-дорожньої мережі; 2) проводились одночасні спостереження інтенсивності та складу руху протягом 13 годин (7:00-20:00) та метеорологічних умов. Натурні спостереження інтенсивності та складу транспортних потоків проводились, як правило, в будні дні тижня, тому що ці дні характеризуються найбільш стійкою інтенсивністю руху.

Транспортний потік характеризується максимальною інтенсивністю 3000-4000 авт/год. Якісний склад за категоріями складає: 85-90% – транспортні засоби категорії М1, 7-12% - транспортні засоби категорії М2, 1-3% - транспортні засоби інших категорій. За видом палива: 85-90 – бензинові двигуни, 15-18 % - дизельні. Перевірка достовірності розрахунків здійснювалась шляхом порівняння з експериментальними значеннями концентрацій забруднюючих речовин, отриманих для аналогічних транспортних потоків.

Реєструвались показники, що не змінювались в процесі дослідження: довжина ділянки дороги, кількість смуг руху, ширина проїжджої частини. Пункти спостереження розташовувались на відстані 5, 10, 15, 20 м від краю проїжджої частини, на достатній відстані від пішохідних переходів та зупинок громадського транспорту.

Для реєстрації  $CO, NO_x$  використовувався переносний газоаналізатор 603 EX01-3М. Робота приладу базується на перетворенні масової концентрації токсичних газів за принципом електрохімічного ефекту. Спосіб відбору проб дифузійний. Для визначення концентрації  $C_n H_m$  використовувався оптико-абсорційний газоаналізатор ГІАМ – 315, що призначений для вимірювання сумарної масової концентрації граничних вуглеводнів  $C1 - C10$  (в перерахунку на карбон). Спосіб відбору проб – примусовий, принцип роботи – безперервний.

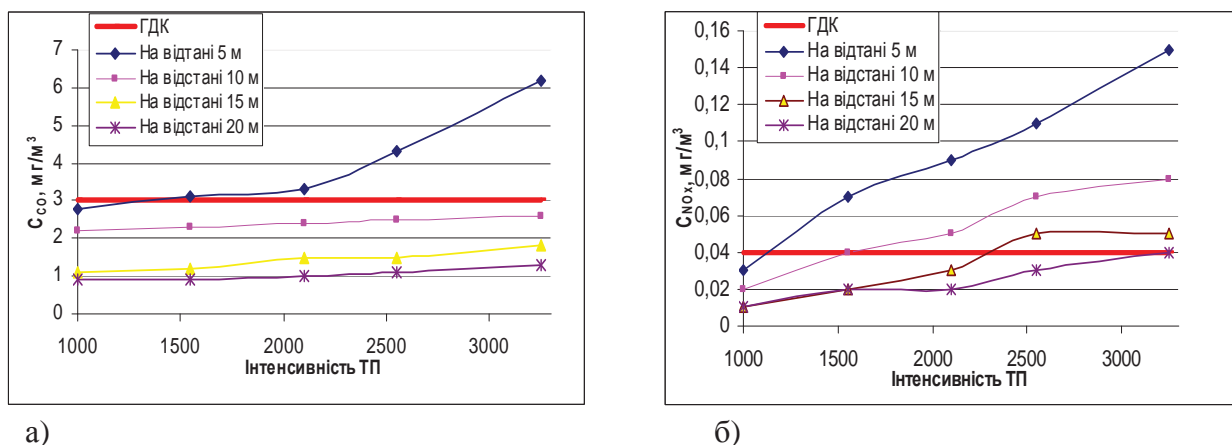
Найвищі рівні забруднення спостерігались в ранковій та вечірній години пік, усереднені значення для концентрацій  $CO, NO_x$ , наведені на рис. (1,2).



а)

б)

Рисунок 1. – Зміна концентрацій  $CO$  (а) та  $NO_x$  (б) в повітрі придорожнього середовища в залежності від відстані



а)

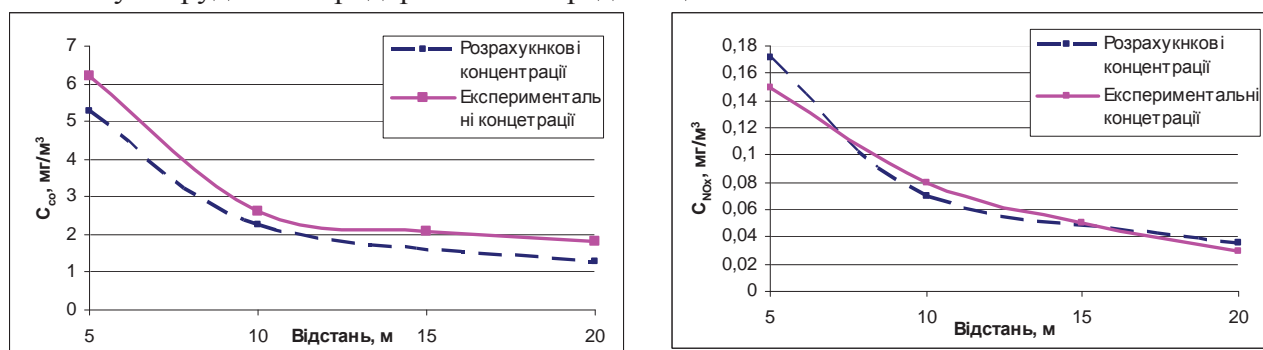
б)

Рисунок 2. – Зміна концентрацій  $CO$  (а) та  $NO_x$  (б) в повітрі придорожнього середовища в залежності від інтенсивності транспортного потоку

Проведені дослідження показали, що концентрація забруднюючих речовин суттєво залежить від інтенсивності транспортного потоку та відстані від проїжджої частини. Зокрема, перевищення гранично допустимих концентрацій в атмосферному повітрі спостерігалось для інтенсивностей, що перевищують 1500 авт/добу, на відстанях до 10 м – для  $CO$ , та до 18 м – для  $NO_x$ . Для  $C_n H_m$  перевищень не спостерігалось.

Порівняння розрахункових значень концентрацій забруднюючих речовин з експериментальними проводилось для транспортного потоку інтенсивністю 3250 авт/год. Як видно з рис.2 розбіжність для  $CO$  на рівні 13,8...24,7%; для  $NO_x$  - 4,8...16,4%. Менші значення розбіжностей характерні для відстаней 10-15 м, відхилення не перевищують 15%; на відстанях до 10 м та понад 20 м, відхилення найбільші – 16...25%.

Таким чином, розроблена методика дозволяє з достатньою достовірністю оцінити рівень забруднення атмосферного повітря транспортними потоками та проводити дослідження впливу характеристик транспортного потоку, дорожніх та атмосферних умов на величину забруднення придорожнього середовища.



а)  $CO$

б)  $NO_x$

Рисунок 3. – Порівняння розрахункових значень концентрацій з експериментальними

**Висновки.** Проведено порівняльну оцінку рівня забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами відпрацьованих газів транспортного потоку, визначеного експериментально та з використанням уточненої моделі дисперсії розподілу домішок в атмосфері.

Експериментально визначено залежності зміни концентрацій на різних відстанях від проїжджої частини, перевищення ГДК спостерігається на відстанях до 10 м – для  $CO$ , до 18 м – для  $NO_x$ .

Визначені залежності вмісту забруднюючих речовин від інтенсивності транспортного потоку показали, що перевищення ГДК характерні для транспортного потоку понад 1500 авт/год.

З використання уточненої моделі здійснено оцінювання вмісту забруднюючих речовин в придорожньому середовищі для транспортного потоку інтенсивністю 3250 авт/год. Порівняння розрахункових значень з експериментальними даними показало, що розбіжності, в залежності від відстані, становлять 5... 25 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондар О.І., Трокоз В.А., Кавецький В.М., Токаренко В.В., Рижено Н.О. Екологічний стан м. Києва.–К:2008. – 96 с.
2. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України №452 від 13.11.2008.
3. ГСТУ 218-02071168-096-2003. Охорона навколишнього середовища. Автомобільні дороги загального користування. Оцінка та прогнозування екологічного стану доріг та виробничих баз.

4. ОНД-86 Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93 с.
5. D. Bruce Turner. Atmospheric dispersion estimates – Lewis Publishers, 1994. – 90 с.
6. Матейчик В.П., Никонович С.О. Розробка методики визначення витрат палива та масових викидів забруднюючих речовин транспортним потоком// Вісник НТУ. 2012. - №25
7. М 218-02070915-694:2011 «Оцінювання інгредієнтного і параметричного забруднення придорожного середовища системою «транспортний потік – дорога». - Київ НТУ- 2011.

#### РЕФЕРАТ

Матейчик В.П., Никонович С.О., Сапожник Ю.В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря транспортними потоками/ Матейчик Василь Петрович, Никонович Сергій Олександрович, Юлія В'ячеславівна Сапожник// Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 27.

В статті проведено порівняльну оцінку рівня забруднення атмосферного шкідливими речовинами відпрацьованих газів транспортного потоку, визначеного експериментально та з використанням уточненої моделі дисперсії розподілу домішок в атмосфері.

Емпірично визначені залежності зміни концентрацій шкідливих речовин на різних відстанях від проїжджої частини, окреслено відстані на яких спостерігаються перевищення ГДК.

Встановлено залежності вмісту шкідливих речовин в придорожному середовищі від інтенсивності транспортного потоку, визначено інтенсивності транспортного потоку при яких спостерігається допустимий викид забруднюючих речовин.

З використанням уточненої моделі здійснено оцінювання вмісту шкідливих речовин в придорожному середовищі для транспортного потоку інтенсивністю 3250 авт/год. Перевірено достовірність розрахунків, шляхом порівняння розрахункових значень з експериментальними.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, МАСОВИЙ ВИКИД, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ, КОНЦЕНТРАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Mateychik V.P., Nikonovich S.O., Sapozhnyk Y.V. Estimation of level of contamination of atmospheric air by traffic flow/ Vasyl Mateychik, Sergij Nikonovich, Julia Sapozhnyk // Herald of the National Transport University. – К.: NTU – 2013. – Issue. 27.

The comparative estimation of level of contamination atmospheric of exhaust gases of a transport stream, certain experimentally and with the use of the specified model of dispersion of distributing of admixtures in an atmosphere harmful matters is conducted in the article.

Empiric certain dependences of change of concentrations of harmful matters are on different distances from a trafficway, outlined distances on which are observed exceeding of Maximum Admissible Concentration.

Dependences of content of harmful matters are set in a wayside environment from intensity of a transport stream, intensities of a transport stream are certain which possible extrass of contaminants are at.

From the use of the specified model the evaluation of content of harmful matters is carried out in a wayside environment for a transport stream by intensity of 3250 vehicles/h. Authenticity of calculations is tested, by comparing of calculation values to experimental.

**KEYWORDS:** TRAFFIC FLOW, MASS EXTRASS, LEVEL OF CONTAMINATION, CONCENTRATION.

#### РЕФЕРАТ

Матейчик В.П., Никонович С.О., Сапожник Ю.В. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха транспортными потоками/ Матейчик Василий Петрович, Никонович Сергей Александрович, Юлия Вячеславовна Сапожник // Вестник Национального транспортного университета. – К.: НТУ – 2013. – Вып. 27.

В статье проведена сравнительная оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами отработанных газов транспортного потока, определенного экспериментально и с использованием уточненной модели дисперсии распределения примесей в атмосфере.

Эмпирически определены зависимости изменения концентраций вредных веществ на разных расстояниях от проезжей части, указаны расстояния на которых наблюдаются превышение ПДК.

Установлены зависимости содержания загрязняющих веществ в придорожной среде от интенсивности транспортного потока. Определены интенсивности транспортного потока при которых наблюдаются допустимые выбросы вредных веществ.

Из использованием уточненной модели, осуществлено оценивание содержимого загрязняющих веществ в придорожной среде для транспортного потока интенсивностью 3250 авт/час. Проверена достоверность расчетов, путем сравнения расчетных значений с экспериментальными.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, МАССОВЫЕ ВЫБРОСЫ, УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, КОНЦЕНТРАЦИЯ.