

*Я. О. Забишний, Я. М. Семчук,
Б. В. Долішній, В. М. Мельник
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ

Наведені методи визначення характеристик дорожнього руху, а саме документальні, натурні та моделювання. На основі досліджень побудована схема формування хімічного і фізичного забруднення довкілля автомобільним транспортом міських агломерацій. Оцінено викиди шкідливих речовин автомобільними двигунами з бензиною та дизельною системою живлення. Наведено залежності для визначення максимальних концентрацій шкідливих речовин.

Ключові слова: транспортний потік, дорожній рух, автомобільні двигуни, викиди шкідливих речовин, методи досліджень.

Приведены методы определения характеристик дорожного движения, а именно документальные, натурные и моделирования. На основе исследований построена схема формирования химического и физического загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом городских агломераций. Оценены выбросы вредных веществ автомобильными двигателями с бензиновой и дизельной системой питания. Приведены зависимости для определения максимальных концентраций вредных веществ.

Ключевые слова: транспортный поток, дорожное движение, автомобильные двигатели, выбросы вредных веществ, методы исследований.

The methods of determining the characteristics of the road, namely documentaries, and full-scale simulation. Based on the research the scheme of formation of the chemical and physical pollution road conurbations. Estimated emissions of harmful substances by motor engines with the petrol and diesel power system. The dependences for determination of the maximum concentrations of harmful substances.

Keywords: traffic, traffic, car engines, emissions of harmful substances, methods of research.

Актуальність проблеми. Оцінка масштабів впливу транспортних потоків на екологічну ситуацію у містах вздовж протягання автошляхів на сьогоднішній час є досить актуальним. Методи оцінки цього впливу розроблялися для певних дорожніх умов, а далі поширювалися на інші умови шляхом їх удосконалення. І основне питання, що треба дослідити – це характеристика транспортних потоків.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідженням характеристик транспортних потоків присвячено роботи Л. О. Коваленко, який аналізував впливи дорожніх умов на основні характеристики транспортного потоку на міських вулицях. Питання теоретичного опису механізму впливу транспортних потоків міста на навколишнє середовище в різній час вивчали такі науковці, як Луканін В. М., Гутаревич Ю. Ф., Донченко В. В., Корчагін В. О., Трофіменко Ю. В., Фрідріх Р., Айсфельдт Н., Шварц Х. та ін. Проблемами зниження аварійності займалися такі науковці як Сильянов В. В., Кравченко П. О., Рябчинський О. І., Кондратьєв В. Д., Джоунс В., Сибеник Т. та ін.

Дослідження методів оцінки і прогнозування впливу автотранспорту на довкілля. Залежно від мети дослідження, можуть бути використані різні методи визначення характеристик дорожнього руху: документальні, натурні, методи моделювання.

Документальні методи – ґрунтуються на вивченні і аналізі планових, звітних, статистичних і проектно-технічних матеріалів. До цієї групи методів належать також анкетні обстеження транспортних потоків і пасажиропотоків.

Методи натурних обстежень засновані на проведенні безпосередніх вимірів характеристик дорожнього руху у різних дослідних місцях. Інформацію можна одержати шляхом безпосередніх спостережень або за допомогою засобів автоматичної реєстрації.

Натурні обстеження діляться на локальні, зональні, регіональні. Локальні обстеження проводяться для вивчення інтенсивності, швидкості, складу потоків на перехрестях, окремих ділянках доріг, вулиць.

Зональні обстеження полягають в одержанні просторових і тимчасових характеристик у певній зоні. Ці обстеження є вибілковими.

Регіональні обстеження проводяться для одержання сумарних значень параметрів транспортних потоків у районі, місті, області. Вони використовуються для прогнозування тенденцій зміни характеристик потоків при будівництві, реконструкції об'єктів.

Методи моделювання, що базуються на використанні математичних і нематематичних (фізичних, аналогових) моделей зміни параметрів транспортних потоків. Наприклад, основне рівняння транспортного потоку – математична модель, яка описує взаємозв'язок між інтенсивністю, швидкістю й щільністю потоку. У порівнянні з методами натурних обстежень, методи моделювання мають більш низьку точність. Але при цьому, вони прості в застосуванні, не вимагають залучення великої кількості обліковців. Крім того методи моделювання застосовні для проєктованих об'єктів.

Для проведення досліджень екосистем необхідно, за результатами натурних спостережень, оцінити фізичний рівень викидів, ступінь впливу на довкілля автотранспортних потоків в конкретних міських умовах, визначити найбільш суттєві чинники. На рис. 1 приведена схема, яка лягла в основу статті.

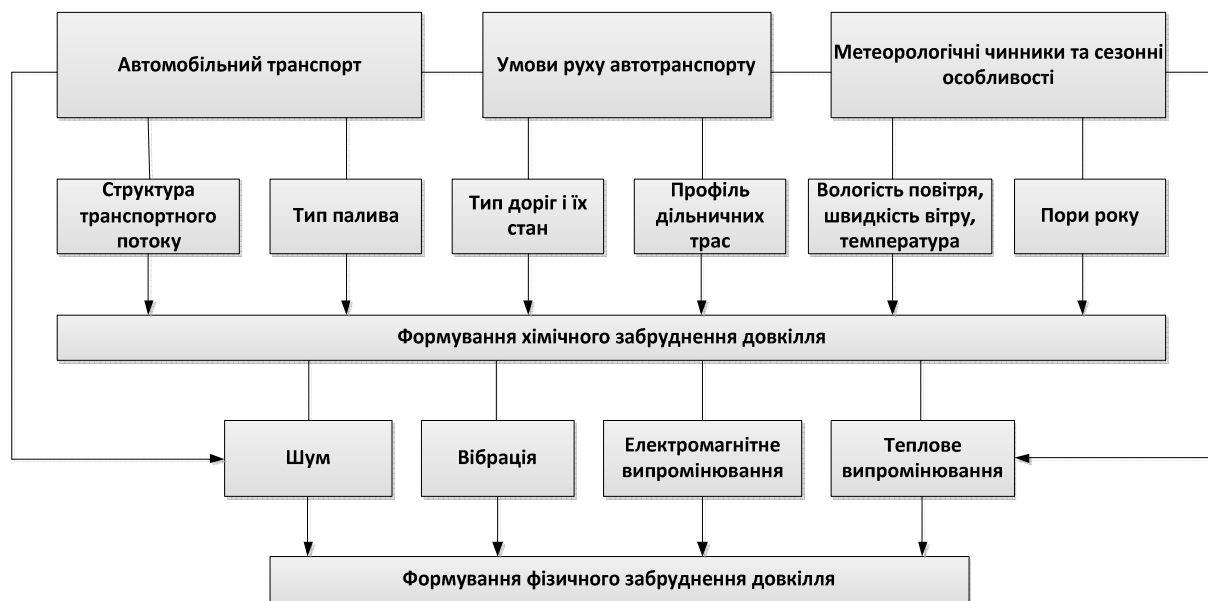


Рис. 1. Схема формування хімічного і фізичного забруднення довкілля автомобільним транспортом міських агломерацій

Для проведення досліджень були використані дані звітів про організацію схеми руху транспортних засобів в місті та його околицях, результати спостережень за рівнями фізичного і хімічного забруднення атмосферного повітря.

Експериментальні дослідження включали такі напрями збору первинного матеріалу:

- результати замірів метеорологічних даних на режимних пунктах спостережень;

- параметри стану і профілю доріг;
- інформація про характер транспортних і пасажирських потоків;
- вільність маршрутів по трасах, схем їх розташування на карті міста;
- графіки руху по маршрутах.

В роботі [3] на основі експериментальних даних, одержаних при оцінці токсичних викидів автомобільних двигунів рекомендується використовувати коефіцієнти які дозволяють визначити кількість шкідливих речовин при спалюванні 1 кг палива за формулою:

$$M = k \times G, \quad (1)$$

де M – кількість виділяються шкідливих речовин, кг;

G – кількість палива, що витрачається, кг;

k – коефіцієнт, що дорівнює для бензинових двигунів $k=0,6$ для оксиду вуглецю, $k=0,1$ для вуглеводнів та $k=0,04$ для диоксиду азоту; для дизельних двигунів $k=0,1$ для оксиду вуглецю, $k=0,03$ для вуглеводнів та $k=0,04$ для диоксиду азоту.

З наведених даних про коефіцієнт k у формулі (1) можна зробити висновок, що дизельні двигуни викидають менше шкідливих речовин, ніж бензинові на одиницю палива, що спалюється, але треба враховувати, що дизельні двигуни, які встановлюються на вантажних автомобілях, як правило, мають велику потужність і витрачають на одиницю шляху більше палива, ніж в середньому автомобілі з бензиновими двигунами. Крім того, у відхідних газах дизельних двигунів є в невеликій кількості канцерогенна речовина (бензопірен). Тому в ряді великих міст експлуатація транспорту з дизельними двигунами заборонена.

Автомобільна магістраль з інтенсивним рухом слід розглядати як лінійне наземне джерело виділення шкідливих речовин.

Визначення середнього числа автомобілів, що знаходяться на дослідній ділянці шляху за формулою [3]:

$$N = \frac{l}{\Delta l}, \quad (2)$$

де l – довжина заданої частини магістралі, м;

N – число автомашин, що знаходяться в даний момент на заданій частині магістралі;

Δl – інтервал по довжині між автомобілями, м.

Інтервал по довжині між автомобілями можна розрахувати за формулою [3]:

$$l = \Delta \tau \times v, \quad (3)$$

де $\Delta \tau$ – середній інтервал за часом між автомобілями, с;

v – середня швидкість автомобілів км/год. (м/с).

Середній інтервал за часом між автомобілями виражається за формулою [3]:

$$\Delta \tau = \frac{60}{n}, \quad (4)$$

де n – число автомобілів, що пройшли через контрольний пункт на цій частині автошляху в обидві сторони за 1 хв.

Вважаючи, що в середньому легкові і вантажні автомобілі з бензиновими двигунами витрачають 100 г палива на 1 км шляху, можна розрахувати витрату палива одного автомобіля за секунду [3]:

$$g = 0,1 \times v. \quad (5)$$

Звідки витрата палива усіма автомобілями, що знаходяться на ділянці довжиною l визначають [3]:

$$G = \frac{n \times l}{600}. \quad (6)$$

Знаючи загальна кількість спалюваного усіма автомобілями палива на дослідній ділянці автошляху, сумарний викид шкідливих речовин визначаємо за формулою (1) [3].

В якості загальноприйнятого узагальненого параметра при дослідженнях хімічного забруднення повітряного середовища взято індекс загазованості атмосфери, який має такий вигляд:

$$ІЗА = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{ГДК_i}}{n}, \quad (7)$$

де M_i – фактичні концентрації i -того хімічного компонента у викидах;
 n – кількість хімічних компонентів.

Для числового аналізу це простий і універсальний показник, що дозволяє поділяти ділянки території населених пунктів за рівнем безпеки та оцінити ефективність природоохоронних заходів.

Вираз (7) можна застосувати на локальному рівні, тобто на певній ділянці території і не дозволяє оцінити ступінь забруднення на певній території, де проживає більша частина населення.

Одним із важливих практичних завдань є розрахунок концентрацій шкідливих речовин, що викидають автотранспортом в атмосферу.

Вибір методу розрахунку величини забруднення атмосфери залежить від виду джерел викиду (лінійні, точкові, площинні), а також від їх висоти. Згідно з [3] джерела викиду шкідливих речовин за висотою діляться на чотири класи: високі джерела, $H > 50$ м; джерела середньої висоти, $H = 10-50$ м; низькі джерела, $H = 2-10$; наземні джерела, $H \leq 2$ м.

Джерела викиду шкідливих речовин автотранспортом відносяться до точкових, середньої висоти.

За одночасної сумісної присутності в атмосфері декількох шкідливих речовин безрозмірна концентрація q визначається за формулою [2]:

$$q = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n}, \quad (8)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n ($\text{м}^2/\text{м}^3$) – розрахункові концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі в одній і тій же точці місцевості;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ ($\text{м}^2/\text{м}^3$) – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Зведена до однієї речовини концентрація C розраховується за формулою:

$$C = C_1 + C_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + C_n \frac{ГДК_1}{ГДК_n}, \quad (9)$$

де C_1 – концентрація речовини, до якої здійснюється зведення;

$C_1, \dots, C_n, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – концентрації та ГДК інших речовин, що входять у групу сумачі.

Масова концентрація шкідливих речовин в атмосфері описується відомим класичним диференціальним рівнянням [3]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (10)$$

де C – масова концентрація повітряної суміші;

x, y, z – система прямокутних координат, в якій вісь x збігається з напрямком вітру, а вісь z вертикальна; u – швидкість вітру;

K_x, K_y, K_z – коефіцієнти турбулентної дифузії в напрямку x, y, z відповідно.

Граничними умовами для даного рівняння є:

$$\frac{c}{t} \leq 0 = 0; \frac{c}{x^2 + y^2 + z^2} \rightarrow \infty = 0. \quad (11)$$

У роботі [3] наведено розв'язання для стаціонарного точкового джерела за умови нормального розподілу концентрації речовин в атмосфері:

$$C_{x,y,z} = \frac{M}{\pi u x^{2-n} S_y S_z} \exp \left\{ - \left[\frac{y^2}{S_y^2 x^{2-n}} \right] \right\}, \quad (12)$$

де S_y, S_z – «віртуальні коефіцієнти дифузії» в напрямку координат;

n – число від 0 до 1, що визначається профілем швидкості вітру.

М. Е. Берлянд [3] одержав рівняння для точкового джерела, розташованого на висоті H . Для приземної концентрації повітряної суміші розв'язання рівняння має вигляд:

$$C_{x,y,0} = \frac{M}{(1+m) K_1 \varphi_0 x^2 \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ - \left[\frac{u_1 H^{1+m}}{K_1 (1+m^2) x} - \frac{y^2}{2\varphi_0^2 x^2} \right] \right\}, \quad (13)$$

де K_1, u_1 – відповідні значення коефіцієнтів турбулентної дифузії та швидкості вітру;

φ_0 – дисперсія в напрямку вітру.

Більшість закордонних авторів [3] для визначення концентрації шкідливих речовин використовує таку залежність для стаціонарного точкового джерела:

$$C_{x,y,z} = \frac{M}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left(- \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \left\{ \exp \left[- \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[- \frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\}, \quad (14)$$

де σ_y, σ_z – горизонтальна та вертикальна дисперсії розподілу повітряної суміші.

В літературних джерелах [3] визначено, що формування зони дисперсії підпорядковується закону Гаусса, в якому значення концентрації має вигляд:

$$C(x, y, z, \tau) = \frac{M \left(\tau - \frac{x}{U_a} \right)}{2\pi U_a \sigma_y (x + x_{vy}) \sigma_z (x + x_{vz})} \cdot e^{\left\{ \frac{y^2}{2\sigma_y^2 (x + x_{vy})} \right\}} \cdot \left[e^{\left\{ \frac{(z - h_0)^2}{2\sigma_z^2 (x + x_{vz})} \right\}} \right], \quad (15)$$

де C – концентрація, мг/м³;

x, y, z – координати;

τ – час, с;

M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, г/с;

U_a – швидкість вітру, м/с;

σ_z – коефіцієнт поперечної дисперсії, м²/с;

σ_y – коефіцієнт поздовжньої дисперсії, м²/с;

x_{vz}, x_{vy} – відстань від джерела викиду, м.

Розрахунок концентрацій шкідливих речовин від автомобільного транспорту у приземному шарі атмосфери, а також на яку відстань вони розповсюджуються проводять за різними методиками [3].

Максимальне значення приземної концентрації шкідливих речовин C_M (мг/м³) під час викиду їх автомобільним транспортом після впровадження екологічно безпечного обладнання можна оцінити за методикою [8]:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (16)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери, що визначає умови горизонтального та вертикального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі $C^{2/3}$ мг, К^{1/3} г;

M – маса шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливої речовини в атмосферному повітрі;

m, n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

H – висота джерела викиду над рівнем поверхні землі, м;

V – об'єм газоповітряної суміші, м³/с;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря, К.

Об'єм газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} w, \quad (17)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

w – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду.

Коефіцієнт A приймають для несприятливих метеорологічних умов, за яких концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі від джерела викиду досягають максимального значення.

Величину ΔT в °С необхідно визначати, приймаючи температуру навколишнього атмосферного повітря T_0 , що дорівнює середній температурі зовнішнього повітря на 13-ту годину найтеплішого місяця року згідно з СНиП «Строительная климатология и геофизика», а температуру газоповітряної суміші T_g , що викидається автомобільним транспортом – за діючими технологічними нормативами.

Величину безрозмірного коефіцієнта F приймають для газоподібних шкідливих речовин – 1, а величину безрозмірного коефіцієнта m залежно від параметра f , що має розмірністю $\text{м/с}^2 \cdot ^\circ\text{С}$:

$$f = 10^3 \frac{w^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (18)$$

визначаємо графічно [3].

Величину безрозмірного коефіцієнта p визначають графічно [3] в залежності від величини параметра v_M , який розраховується за формулою:

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}}. \quad (19)$$

Висновки. Аналізуючи наведені залежності для визначення максимальних концентрацій шкідливих речовин, можна зробити висновок, що тут не враховуються молекулярна дифузія, дисперсія, що формують ареали забруднення в атмосфері.

Окрім цього, концентрація шкідливих речовин визначається тільки в приземному шарі атмосфери на висоті 2 м над поверхнею землі, а формування зони забруднення довкілля, за формулою Гаусса, враховані зони дисперсії.

Література

- 1 Луканин В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда: учебное пособие для вузов / В. Н. Луканин, А. П. Буслев, Ю. В. Трошиминко. – М.: ИНФРА, 2007. – 408 с.
- 2 Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт. Навч. посібник / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун, А. О. Корпач. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
- 3 Семчук Я. М., Чабанович Л. Б. Оцінка впливу компресорних станцій магістральних газопроводів на навколишнє середовище // Державний міжвідомчий науково-технічний збірник “Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ”. Серія: Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ. – Випуск 33. – Івано-Франківськ, 1996. – С. 141-145.
- 4 Эльтерман В. М. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях. – М.: Химия, 1985. – 160 с.
- 5 Белов П. С. "Временная методика расчета газовых выбросов наземных источников на объектах газовой промышленности" / П.С. Белов. – М.: РАО "ГАЗПРОМ", 1987. – 42 с.
- 6 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86 –Л: Гидрометеиздат.-1987- 92 с.

© Я. О. Забишній,
Я. М. Семчук,
Б. В. Долішній,
В. М. Мельник

Надійшла до редакції 18 жовтня 2016 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Л. Я. Побережний