

УДК 656.135.073

д.т.н., доцент Линник І.Е.,
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Встановлені джерела виділення і викиду шкідливих речовин на автомобільних дорогах. Визначені основні шкідливі речовини, що забруднюють атмосферу. Наведений порядок оцінки та прогнозування екологічного стану автомобільних доріг загального користування України.

Ключові слова: прогнозування, навколишнє середовище, викид забруднювальних речовин, автомобільні дороги.

Вступ

Автомобільна дорога негативно впливає на стан навколишнього природного середовища, небезпека забруднення якого оцінюється рівнем можливого негативного впливу на атмосферу, ґрунти, ґрунтові та поверхневі води, рослинність, тварин та людей [1–3].

Забруднення навколишнього природного середовища уздовж автомобільних доріг поділяють на дві категорії: транспортні та позатранспортні.

До транспортних забруднень відносять вихлопні гази, паливно-мастильні матеріали та їх відходи, продукти стирання гальмових накладок та шин, електромагнітне випромінювання, шум. До позатранспортних забруднень відносять протиожеледні солі, дорожньо-будівельні матеріали і в'язучі, зливові стоки з поверхні дорожніх покриттів, пил, сміття [4].

Джерела виділення і викиду шкідливих речовин на автомобільних дорогах

Джерела забруднення повітряного басейну поділяють на джерела виділення і джерела викидів шкідливих речовин в атмосферу.

До джерел виділення шкідливих речовин відносять технологічний агрегат, установку, пристрій, апарат та т.ін., які виділяють у процесі експлуатації шкідливі речовини. До джерел викидів шкідливих речовин відносять пристрої (трубу, аераційний ліхтар, вентиляційну шахту та т.ін.), через які здійснюється викид шкідливих речовин в атмосферу.

Основним джерелом виділення і викиду шкідливих речовин на автомобільних дорогах є транспортні засоби [5]. Вплив транспортного потоку на навколишнє середовище розглядається як сума впливів одиночних автомобілів. Еко-

логічна небезпека одиночного автомобіля визначається не тільки його конструкцією, але й режимом руху.

Основні шкідливі речовини, що забруднюють атмосферу

Відпрацьовані гази, продукти зношення механічних частин і покриттів автомобіля, а також дорожнього покриття складають більше половини атмосферних викидів антропогенного походження.

У відпрацьованих газах двигуна внутрішнього згоряння міститься понад 170 шкідливих компонентів, з них близько 160 – похідні вуглеводнів (азот, кисень, пари води, вуглекислий газ, окис вуглецю, окисли азоту, альдегіди, вуглеводні, сірчистий газ, сажа, бенз(а)пирен, бензин, ванадій, керосин, кобальт, мідь, нікель, свинець та т.ін.). Наявність у відпрацьованих газах шкідливих речовин обумовлена видом палива, присадок і олій, умовами згоряння палива, режимом роботи двигуна, його технічного стану, умов руху автомобіля та т.ін [6].

Прогнозування забруднення атмосфери

Концентрацію забруднювальних речовин в атмосферному повітрі C , у міліграмах на метр кубічний, на відстані « x » від джерела забруднення розраховують за формулою Бозанке-Пірсона [7]. Рішення цього рівняння у випадку, коли транспортний потік розглядають як лінійне джерело, представляють у наступному вигляді [8, 9]:

$$C = \frac{\Delta M \cdot 1000 \eta}{W_v p x} \exp\left[-\frac{H}{p x}\right] + C_{\phi}, \quad (1)$$

де x – відстань від джерела забруднення до забудови або резервно-технологічної зони дороги, м [10]; M – викид забруднювальної речовини, г/с на погонну довжину лінійного джерела 1 м; W_v – швидкість вітру, перпендикулярна напрямку дороги, м/с; H – висота джерела над проїзною частиною (0,4 м – для легкового транспортного потоку; 0,5 м – для змішаного транспортного потоку; 0,6 м – для вантажного транспортного потоку); p – коефіцієнт, що враховує вплив кута розсіювання забруднювальної речовини у вертикальній площині за рахунок турбулентності атмосфери (p приймають від 0,05 до 0,30); Δ – коефіцієнт впливу озеленення дороги; η – коефіцієнт впливу забудови; C_{ϕ} – фонові концентрації забруднювальної речовини в атмосферному повітрі, мг/м³.

Коефіцієнт впливу забудови η визначають:

$$\eta = 1 + 0,044 (x - B_3 + L_T) + 0,0013 (x - B_3 + L_T)^2, \quad (2)$$

де V_3 – відстань від джерела забруднення до забудови, м; L_T – довжина аеродинамічної тіні, м:

$$L_T = H_3 \quad \text{при } H_3 \leq L_{\text{ш}}, \quad (3)$$

$$L_T = L_{\text{ш}} \quad \text{при } H_3 > L_{\text{ш}}, \quad (4)$$

де H_3 – висота забудови, м; $L_{\text{ш}}$ – ширина забудови, м.

Викид забруднювальної речовини M знаходять:

$$M = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot n_i}{L T_i}, \quad \text{г/с на погонну довжину лінійного джерела 1 м,} \quad (5)$$

де M_i – пробіговий викид i -тим типом автомобілів, г/км; n_i – число автомобілів i -того типу у транспортному потоці, що розміщені на розрахунковій ділянці дороги довжиною L ; T_i – час проходження одного кілометра шляху i -тим типом автомобілів, с.

Пробіговий викид різних речовин M_i розраховують за формулою:

$$M_i = 0,0548 M_x \rho_T X Q \alpha, \quad (6)$$

де M_x – молекулярна маса токсичних речовин, г/моль; Q – витрати палива на 100 км пробігу автомобілю i -того типу, л; X – вміст шкідливих речовин, %; α – коефіцієнт надлишку повітря; ρ_T – щільність палива, г/см³ (ρ_T дорівнює 0,74 г/см³ для бензину, ρ_T дорівнює 0,825 г/см³ для дизельного палива).

Підставляючи чисельні значення M_x у формулу (6), одержують такі залежності для визначення викидів різних речовин в атмосферу:

$$\text{для CO:} \quad M_{\text{CO}} = 1,53 \rho_T X_{\text{CO}} Q \alpha, \quad (7)$$

$$\text{де } X_{\text{CO}} = 61,3 - 144 \alpha + 53 \alpha^2;$$

$$\text{для NO:} \quad M_{\text{NO}} = 1,64 \rho_T X_{\text{NO}} Q \alpha, \quad (8)$$

$$\text{де } X_{\text{NO}} = -3,67 + 7,88 \alpha - 3,88 \alpha^2;$$

$$\text{для NO}_2: \quad M_{\text{NO}_2} = 2,52 \rho_T X_{\text{NO}_2} Q \alpha, \quad (9)$$

$$\text{де } X_{\text{NO}_2} = -3,67 + 7,88 \alpha - 3,88 \alpha^2;$$

$$\text{для C}_6\text{H}_{14}: \quad M_{\text{CH}} = 4,7 \rho_T X_{\text{CH}} Q \alpha, \quad (10)$$

$$\text{де } X_{\text{CH}} = 0,922 - 1,677 \alpha + 0,77 \alpha^2.$$

Для приблизних розрахунків викиди забруднювальних речовин M_{CO} , M_{CH} , M_{NO_2} , M_{SO_2} , M_{Pb} , $M_{\text{сажі}}$, $M_{\text{б(а)п}}$, у грамах на кілометр, можуть бути визначені за формулами: [11]

$$M_{CO} = 100Q\rho_T \cdot 0,6; \quad (11)$$

$$M_{CH} = 100Q\rho_T \cdot 0,1; \quad (12)$$

$$M_{NO_2} = 100Q\rho_T \cdot 0,04; \quad (13)$$

$$M_{SO_2} = 100Q\rho_T \cdot 0,002; \quad (14)$$

$$M_{Pb} = 100Q\rho_T \cdot 0,0003; \quad (15)$$

$$M_{сажі} = 100Q\rho_T \cdot 0,00058; \quad (16)$$

$$M_{\delta(a)\pi} = 100Q\rho_T \cdot 0,23 \cdot 10^{-6}. \quad (17)$$

Викиди забруднювальних атмосфери речовини можуть бути приведені до одного з них $M_{пр}$ за формулою:

$$M_{пр} = M_1 + M_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + M_3 \frac{ГДК_1}{ГДК_3} + \dots + M_n \frac{ГДК_1}{ГДК_n}, \quad (18)$$

де M_1 – викид речовини, до якої здійснюється приведення; M_2, M_3, \dots, M_n – викиди всіх інших забруднювальних речовин; $ГДК_1, ГДК_2, ГДК_3, \dots, ГДК_n$ – гранично допустимі викиди забруднювальних речовин.

Довжину розрахункової ділянки L приймають рівною довжині поля сприйняття водія, у метрах, що оцінюється за формулою:

$$L = 15 + 4,3 V_a, \quad (19)$$

де V_a – швидкість руху, км/год.

Кількість автомобілів n різних типів, що одночасно попадають у межі розрахункової ділянки, визначають за формулою:

$$n = 1 + n_3 + n_o + n_{об}, \quad (20)$$

де n_3 – автомобілі зустрічного руху,

$$n_3 = \sum_{i=1} n_{3i}, \quad (21)$$

n_o – автомобілі, що обганяють,

$$n_o = \sum_{i=1} n_{oi}, \quad (22)$$

$n_{об}$ – автомобілі, що обганяються,

$$n_{об} = \sum_{i=1} n_{обi}, \quad (23)$$

n_{zi} , n_{oi} , $n_{обi}$ – зустрічні автомобілі, автомобілі, що обганяють і що обганяються і-того типу відповідно:

$$n_{zi} = \frac{N_{\Sigma i} K_N}{3600} t_L \left(1 + \frac{2,58}{\sqrt{N_{\Sigma i}}}\right); \quad (24)$$

$$n_{oi} = \frac{N_{\Sigma i} K_{N1}}{3600} t_L \left(1 + \frac{2,58}{\sqrt{N_{\Sigma i}}}\right); \quad (25)$$

$$n_{обi} = \frac{N_{\Sigma i} K_{N2}}{3600} t_L \left(1 + \frac{2,58}{\sqrt{N_{\Sigma i}}}\right), \quad (26)$$

де $N_{\Sigma i}$ – інтенсивність руху автомобілів і-того типу в прямому і зворотному напрямках, авт/год; N_{zi} – інтенсивність зустрічного руху автомобілів і-того типу, авт/год; N_{oi} – інтенсивність руху автомобілів і-того типу в однойменному напрямку, авт/год.; K_N , K_{N1} , K_{N2} – емпіричні коефіцієнти пропорційності, які розраховують за формулами:

$$K_N = \left(\frac{N_{zi}}{N_{\Sigma i}} + 0,00917 \cdot V_a \right), \text{ при } 0 < V_a \leq 60 \text{ км/год}; \quad (27)$$

$$K_{N1} = \left(\frac{N_{oi}}{N_{\Sigma i}} + 0,0083 \cdot V_a \right), \text{ при } 0 < V_a \leq 60 \text{ км/год}; \quad (28)$$

$$K_{N2} = 0,000103 V_a^{1.524171}, \text{ км/год}. \quad (29)$$

Витрати палива Q на 100 км пробігу, у літрах, розраховують за формулою [12]:

$$Q = \frac{1}{\eta_l} \left[A i_k + B i_k^2 V + C (G_a \psi + 0,077 k F_k V^2 + 0,1 \delta_1 G_a \dot{V}) \right], \quad (30)$$

де ψ – коефіцієнт дорожнього опору; k – коефіцієнт опору повітря, $H \cdot c^2 \cdot m^{-4}$; F_k – лобова площа автомобіля, m^2 ; G_a – розрахункова вага автомобіля, H ; V – швидкість руху автомобіля, m/c ; \dot{V} – прискорення, m/c^2 ; δ_1 – коефіцієнт урахування обертових мас; η_l – індикаторний ККД двигуна; i_k – передаточне число коробки передач.

Параметри A , B , C знаходять:

$$A = \frac{7,95 a V_h i_0}{H_n \rho_T r_k}; \quad (31)$$

$$B = \frac{0,69 b V_h S_{\Pi} i_0}{H_n \rho_T r_k^2}; \quad (32)$$

$$C = \frac{100}{H_n \rho_T \eta_{\text{тр}}}; \quad (33)$$

де V_h – робочий об'єм циліндрів двигуна, л; H_n – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг: H_n дорівнює 44000 кДж/кг для бензину, H_n дорівнює 43000 кДж/кг для дизельного палива; S_{Π} – хід поршня, м; i_0 – передаточне число головної передачі; r_k – радіус качання, м; $\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії: $\eta_{\text{тр}}$ дорівнює 0,875 для автомобіля з одним ведучим мостом, $\eta_{\text{тр}}$ дорівнює 0,825 для автомобіля з двома ведучими мостами; a , b – постійні коефіцієнти: a дорівнює 48 кПа, b дорівнює 16 кПа·с·м⁻¹ для дизелів; a дорівнює 45 кПа, b дорівнює 13 кПа·с·м⁻¹ для карбюраторних двигунів.

Коефіцієнт дорожнього опору ψ приблизно оцінюють:

$$\psi = \frac{0,01 V_{\text{мт}}}{V_a}, \quad (34)$$

де $V_{\text{мт}}$ – максимально можлива швидкість руху автомобіля в еталонних умовах, м/с.

Поряд з викидами забруднювальних речовин, що містяться у картерних газах, автомобілі забруднюють навколишнє середовище продуктами зношення протектора шин і фрикційних накладок гальмових колодок (азбест) [11].

Загальну масу цих викидів M_{Σ} визначають за формулою:

$$M_{\Sigma} = M_{\text{ш}} + M_a, \quad (35)$$

де $M_{\text{ш}}$, M_a – маси викидів продуктів зношення шин і фрикційних матеріалів відповідно, г.

Величини $M_{\text{ш}}$ і M_a , у грамах, визначають за формулами:

$$M_{\text{ш}} = \text{Ш}_n \cdot l, \quad (36)$$

$$M_a = 0,5 A_n \cdot l, \quad (37)$$

де Ш_n , A_n – нормативні значення викидів гумового й азбестового пилу відповідно, г/км; l – довжина розрахункової ділянки у частках кілометра; 0,5 – коефіцієнт урахування складу фрикційних накладок.

Нормативні значення викидів гумового Ш_H , й азбестового A_H пилю, у грамах на кілометр, розраховують за формулами:

$$\text{Ш}_H = \kappa_2 (108,3 - 18,0 \cdot l + 0,1 \cdot q_1 + 10 \cdot \gamma) / 100, \quad (38)$$

$$A_H = (112,4 - 23,4 \cdot l + 169,4 \cdot \gamma) / 100, \quad (39)$$

де κ_2 – кількість коліс у автомобіля; q_1 – щільність транспортного потоку, авт/100 м; γ – коефіцієнт використання пасажировмісності чи вантажопідйомності.

Для орієнтовної оцінки шумового забруднення $L_{\text{екв}}$, у дБА, використовують формулу:

$$L_{\text{екв}} = 8,8 \lg N_B - 10 \lg y + 40,5, \quad (40)$$

де y – відстань від осі найближчої смуги руху, м; N_B – приведена інтенсивність руху, в автомобілях за годину, яку визначають за формулою:

$$N_B = N_L + 2N_{\text{ЛВ}} + 15N_{\text{ВВ}} + 7N_a + 2N_M, \quad (41)$$

де N_L – інтенсивність руху легкових автомобілів, авт/год; $N_{\text{ЛВ}}$ – інтенсивність руху легких вантажних автомобілів, авт/год; $N_{\text{ВВ}}$ – інтенсивність руху важких вантажних автомобілів, авт/год; N_a – інтенсивність руху автобусів, авт/год; N_M – інтенсивність руху мотоциклів, шт./год.

Внаслідок втрат енергії енергетичними системами і приладами автотранспортного засобу виникає електромагнітне випромінювання, що має суттєве значення при високій інтенсивності руху і наявності безперервних потоків у кількох рядів. Установлено шкідливий вплив сильних полів високочастотних випромінювань на організм людини. Для електромагнітних випромінювань високої частоти встановлено гранично допустимий рівень потужності 1 мкВ/м [13].

Електромагнітне випромінювання автотранспорту є джерелом радіоперешкод.

Для характеристики електромагнітного забруднення використовують показник потужності електромагнітного випромінювання транспортного потоку P^Σ , який розраховують за формулою:

$$P^\Sigma = \bar{P}_{\text{cm}} \frac{N(q)}{V(q)} \int_{-x_B}^{x_B} \frac{dx}{(r^2 + x_i^2)^e}, \quad (42)$$

де \bar{P}_{cm} – нормована потужність випромінювання одиночного автомобіля; $N(q)$, $V(q)$ – відповідно інтенсивність і швидкість транспортного потоку як фу-

нкцій щільності руху; x_i – відстань від i -того автомобіля до перерізу дороги, де розташована точка реєстрації; r – відстань від точки реєстрації до осі смуги руху; $-x_b$, x_b – межі області впливу електромагнітних випромінювань одиночного автомобіля; e – емпіричний коефіцієнт, що характеризує поширення електромагнітного випромінювання різної частоти у придорожній смузі.

Висновок

Наведена методика дозволяє виконувати прогнози екологічного стану автомобільних доріг, міських вулиць і доріг при розробці Генеральних планів, Комплексних транспортних схем будь-яких міст, проектів реконструкції та розвитку їхніх транспортних мереж.

Література

1. Гутаревич Ю.Ф. Пути снижения вредных выбросов автомобилями в атмосферу / Ю.Ф. Гутаревич, К.Е. Долганов. – К. : Общество «Знание», 1980. – 24 с.
2. Евгенъев И.Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог / И.Е. Евгенъев, В.В. Савин. – М. : Транспорт, 1989. – 239с.
3. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування : ДБН А.2.2-1-2003. – [Чинний від 2004–04–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 131 с. – (Національний стандарт України).
4. Методические указания о принципах изучения загрязнения атмосферного воздуха на площадках нефтеперерабатывающих заводов [Текст] : методические рекомендации / УфНИИ гигиены и профзаболеваний . – Уфа, 1972. – 20 с.
5. Методика розрахунку впливу викидів автомобільного транспорту на забруднення повітря міст України [Текст]: методичні рекомендації / Київ, 1993. – 25 с.
6. Оцінка та прогнозування екологічного стану доріг та виробничих баз : ГСТУ 218-02071168-096-2003. [Чинний від 2004–01–01]. – К. : Укравтодор, 2003, 48 с.
7. Thomas M.D. Dispersion of gases from tall stacks / M.D. Thomas, G.R. Hill, J. N. Abersold // Ind. and Engin. Chemistry. – 1948. – № 11. – P. 41.
8. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС / Э.П. Волков. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 89 с.
9. Линник И.Э. Оценка рассеивания загрязняющих атмосферу веществ с учетом влияния застройки / И. Э. Линник // Вестник ХГАДТУ, вып. 6, 1997.– С. 31–33.
10. МС-218-103-99. Методика спостережень і оцінки екологічного стану на територіях, прилеглих до автомобільних доріг і виробничих баз. МС-218-103-99. – [Текст] : методичні рекомендації / Київ, 1999. – 46 с.

11. Гаврилов Э.В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э.В. Гаврилов, А.М. Гридчин, В.Н. Ряпухин. – Белгород : Изд. АСВ, 1998. – 138 с.
12. Говорущенко Н. . Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1990. – 135 с.
13. Санітарні правила і норми планування та забудови міст : СанПіН 173-96 / МОЗ України. – Офіц. вид. – К. : 1996. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>.

Анотація

Установлены источники выделения и выброса вредных веществ на автомобильных дорогах. Определены основные вредные вещества, загрязняющие атмосферу. Приведен порядок оценки и прогнозирования экологического состояния автомобильных дорог общего пользования Украины.

Ключевые слова: прогнозирование, окружающая среда, выброс загрязняющих веществ, автомобильные дороги.

Abstract

Established sources of emissions and releases of hazardous substances to the automotive roads. The main harmful air pollutants. The order of evaluation and forecasting of ecological condition of public roads in Ukraine.

Keywords: forecasting, environment, emission of pollutants, roads.