

ТЕХНІЧНА СЕРІЯ

УДК 625.7/8:504.055
UDK 625.7/8:504.055

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПРИДОРОЖНЬОЇ СМУГИ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД РОКУ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Бондаренко Л.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

RESEARCH OF ENVIRONMENTAL STATUS ROADSIDE STRIP IN WINTER, ON THE BASIS MATHEMATICAL MODELING

Bondarenko LP, Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ГОДА НА ОСНОВНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бондаренко Л.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ

Інтенсивний розвиток автомобілізації у всьому світі, розширення і впорядкування мережі автомобільних доріг, підвищення вантажопідйомності і швидкості руху транспортних засобів спричиняють посилення токсичного і віброакустичного забруднення навколишнього середовища, обумовлюючи нагальність вирішення проблем екологічної безпеки і зниження дії автотранспорту на середовище існування людини.

Аналіз досліджень і публікацій

На сьогоднішній день існує досить велика кількість робіт, в яких представлені різні методи визначення рівня шкідливих домішок в атмосфері та закономірностей їх розповсюдження. Великий внесок у вивчення забруднення повітря зробили М.Є. Берлянд, Н.С. Буренін, Г.П. Кирилов, Н.А. Рябіков, В.Ф. Скорченко, І.Ю. Колпакова, Т.І. Черв'якова, В.В. Філіпов, а також інші вітчизняні і зарубіжні автори [1-7].

Для визначення вмісту СО над проїзною частиною автомобільних доріг запропоновані різні емпіричні залежності, основним дорожнім параметром в яких є інтенсивність руху (таблиця 1).

Таблиця 1 – Залежності для визначення рівня СО над проїзною частиною автомобільних доріг

Автори	Емпіричні рівняння
Арамян П.А.	$CO=0,49 \cdot 10^{-3} \cdot N^2 + 0,06904 \cdot N - 2,043063$
Кирилов Г.П.	$CO=3,85+0,0185 \cdot N + \Sigma A_i$
Манусаджянц Ж.Г.	$CO=22,4 \cdot B \cdot M_z \cdot d \cdot N_a \cdot (1+0,0125 \cdot h)$
Сидоренко В.Ф.	$CO=7,38+0,026 \cdot N + \Sigma A_i$
Орнатський Н.П.	$CO=(7,33+0,026 N_a) \cdot K_1 K_2 K_3$ При відсутності вітру: $C_x=0,5CO-0,1X$
Сильянов В.В.	$C=CO=0,006 N_l \cdot 9 \cdot \lg V - 0,3U + 17$
Boveb L., Siebenberg S.	$CO=1,53 \cdot N^{0,368}$
Cassidy M.	$CO=1,1 \cdot (7+0,0025 \cdot N)$
Toyce F., William S., Sohnson D.	$CO=1,1 \cdot (0,006 \cdot N - 9 \cdot \lg V - 0,3 \cdot U + 17)$

Де N – інтенсивність руху, авт./доб.; T – вміст СО в частках ГДК; B – коефіцієнт, що враховує вплив забудови; μ – концентрація озону в повітрі, мг/м³; h – висота забудови, м; ΣA_i – коефіцієнт, що враховує зміну складу транспортного потоку, швидкості руху та повздовжні похили; M_z – об'єм

відпрацьованих газів умовного автомобіля, м^3 ; d – об'єм вмісту оксиду вуглецю у відпрацьованих газах, %; V – швидкість руху, км/год ; α – питома вага CO , г/м^3 ; U – швидкість вітру, м/с ; K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти, які залежать від складу транспортного потоку, впливу повздовжнього похилу, ступеня токсичності автомобільних викидів.

Однак, наведені в табл. 1 залежності не отримали широкого практичного застосування, оскільки не завжди адекватно відображають фактичне поширення та рівень забруднення атмосфери, а також не враховують вплив інших, не менш важливих, факторів.

На сьогодні при проведенні екологічних досліджень найбільш часто використовуються два методи розрахунку концентрацій шкідливих домішок в атмосфері.

Одним із перших, хто суттєво впровадив отримані результати в практику, був Сеттон С.Г. Він описав концентрацію домішки поблизу джерела забруднення Гаусівським законом розподілу [8]:

$$\theta_x = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right). \quad (1)$$

У разі лінійного джерела, яким є дорожнє полотно, орієнтоване вздовж осі OY , розподіл можна розглядати тільки в напрямі OX , і тоді параметр σ_x закону матиме вигляд:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{2} C_x^2 (\vec{u}t)^{2-n}, \quad (2)$$

де σ_x – дисперсія розподілу домішки у напрямі осі OX ; C_x – віртуальний коефіцієнт дифузії; \vec{u} – середня швидкість вітру, м/с ; n – безрозмірний параметр.

Другий метод розрахунку концентрації шкідливих домішок полягає у розв'язанні рівняння турбулентної дифузії з урахуванням можливої зміни температури повітря, швидкості вітру, коефіцієнта обміну в приземному шарі повітря. Цей метод більш універсальний і дозволяє вирішувати задачі з різними характеристиками зовнішнього середовища і граничними умовами. У припущенні про сталість характеру досліджуваного процесу і лінійність джерела забруднення рівняння сталої дифузії набуває вигляду:

$$-\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial z_c}{\partial x} - v_x \frac{\partial z_c}{\partial x} - \beta z_c = F_u. \quad (3)$$

Розв'язання рівняння атмосферної дифузії проводиться чисельними методами із застосуванням сучасної обчислювальної техніки і дозволяє отримати функціональні залежності концентрацій від основних діючих факторів.

Крім того, багато робіт було присвячено експериментальним дослідженням та розробці математичних моделей розподілу різних забруднюючих речовин в придорожній смузі. Проте, у всіх роботах був відсутній комплексний підхід щодо екологічної оцінки придорожньої смуги і не розглядалася сезонна зміна рівня забруднення з урахуванням погодно-кліматичних факторів (ПКФ).

Найбільш сприятливий режим руху транспорту має місце при еталонних умовах погоди [9], який можна вважати також і найбільш сприятливим для розсіювання домішок в придорожній смузі. В зимовий період року спостерігаються особливо істотні відмінності від еталонних умов руху транспорту.

Крім того, рівень забруднення придорожньої смуги взимку багато в чому визначається особливостями технологій утримання доріг. Застосування протиожеледних хлористих солей є найбільш ефективним методом для розплавлення шару льоду і підвищення безпеки руху, проте слід враховувати їх негативну дію на НС, активізацію процесів атмосферної корозії.

Таким чином, оцінка забруднення придорожньої смуги в зимовий період року, як найбільш різноманітний і напружений з точки зору навантаження на неї є досить актуальним питанням на сьогоднішній день.

Математична модель оцінки забруднення придорожньої смуги у зимовий період року

З огляд на те, що рівень забруднення придорожньої смуги залежить як від дорожніх так і від транспортних факторів, то для оцінки її екологічного стану необхідно здійснити аналіз взаємодії підсистем «дорога – автомобіль – навколишнє середовище» (Д – А – НС) та «навколишнє середовище – дорога» (НС – Д). Ці підсистеми є частиною загальної системи ВАДС («водій – автомобіль – дорога – середовище»), яка складає теоретичну основу вирішення задач експлуатації автомобільних доріг. Схема взаємодії підсистем наведена на рисунку 1.

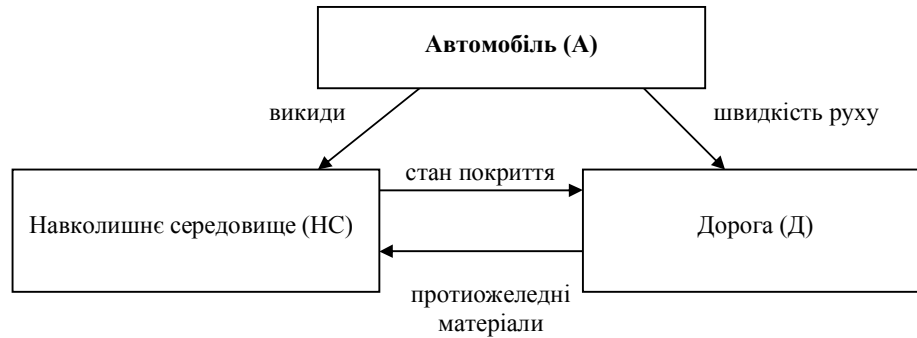


Рисунок 1 – Схема взаємодії підсистем НС – Д та Д – А – НС

Як показує аналіз результатів досліджень багатьох авторів, у якості системоутворюючого фактора для вирішення дорожніх екологічних задач може бути вибрана швидкість руху. У зимовий період вона визначається станом дорожнього покриття. Для оцінки стану дорожнього покриття скористаємося математичною моделлю, розробленою для дослідження умов утворення зимової слизькості на дорожніх покриттях [10].

У відповідності із загальною теорією складних систем, закон функціонування підсистеми Д – НС представимо узагальненим оператором F_S , який перетворить набір внутрішніх, незалежних параметрів підсистеми (метеорологічних і дорожніх факторів) у зовнішні, залежні – стани дорожнього покриття:

$$\overline{y(t)} = F_S[\overline{v(t)}, \overline{h(t)}, t], \quad (4)$$

де $\overline{y(t)} = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)\}$ – вектор стану покриття доріг у зимовий період; $\overline{v(t)} = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t)\}$ – вектор дії зовнішнього середовища (погодно-кліматичні параметри); F_S – закон функціонування системи; $\overline{h(t)} = \{h_1(t), h_2(t), \dots, h_k(t)\}$ – вектор власних параметрів системи (дорожні і транспортні параметри); t – час.

При оцінці екологічної ситуації в придорожній смузі вектор стану покриття буде вже власним параметром підсистеми Д – А – НС, що визначає рівень забруднення. Закон функціонування цієї підсистеми аналогічним чином представимо деяким узагальненим оператором F_y , який перетворить набір внутрішніх, незалежних параметрів підсистеми (метеорологічних і дорожніх факторів) у зовнішні, залежні для оцінки екологічної ситуації у придорожній смузі:

$$e(t) = F_y[\overline{v(t)}, \overline{h(t)}, \overline{y(t)}, t], \quad (5)$$

де $\overline{e(t)}$ – вектор зовнішніх, залежних, параметрів, використовуваних для оцінки екологічної ситуації; F_y – закон функціонування підсистеми Д – А – НС.

При оцінці екологічної ситуації в придорожній смузі вектор стану дорожнього покриття $\overline{y(t)}$ буде одним із власних дорожніх параметрів системи, який впливає, як і всі інші, на рівень забруднення навколишнього середовища в зимовий період. У виразі (5) він виділений окремо, оскільки є результатом моделювання.

Для оцінки екологічної ситуації в зимовий період будемо враховувати наступні параметри: $H_i(t)$ – забруднення придорожньої території протижелезними матеріалами (ПОМ); $Q_i(t)$ – концентрація

викидів основних газоподібних забруднювачів транспортними засобами при i -му стані дорожнього покриття.

Таким чином, вектор зовнішніх параметрів набуде вигляду:

$$\overline{e}(t) = \{\overline{H}(t), \overline{Q}(t)\}. \quad (6)$$

Рівняння (4), (5) є динамічними математичними моделями, що відображають поведінку системи в часі. Оператори F_S і F_y можуть бути представлені у вигляді системи рівнянь, логічних співвідношень, наявних емпіричних і аналітичних залежностей, що зв'язують вхідні і вихідні параметри підсистеми Д – А – НС, словесного опису відповідності і т. д. [11].

В якості зовнішнього (вихідного) параметру підсистеми НС – Д приймемо стан дорожнього покриття в зимовий період. Для оцінки екологічного стану придорожньої смуги в зимовий період приймемо такі стани покриття, які змінюють його зчіпні властивості і, отже, режими руху транспортних потоків [10].

При розрахунках стан покриття буде представлений у вигляді вектора $\overline{y}(t)$, у якого всі компоненти дорівнюють нулю, окрім того, який відповідає можливому в даний момент часу стану покриття. Таким чином, ознакою певного стану покриття є порядковий номер компонента, відмінний від нуля і прийнятий рівним одиниці. Компоненти вектора стану на кожному кроці розрахунку за часом визначатимуться погодними і дорожніми факторами.

В якості зовнішнього (вихідного) параметру підсистеми Д – А – НС приймемо рівні викидів транспортних засобів при різних станах дорожнього покриття, а також кількість ПОМ, необхідну для ліквідації зимової слизькості і представимо її у вигляді вектора $\overline{e}(t)$. Компоненти вектора відповідають рівню забруднення, що формується при різних станах дорожнього покриття. Тривалість відповідного екологічного забруднення придорожньої смуги визначатиметься часом знаходження покриття в тому або іншому стані, небезпечному з екологічної точки зору.

В якості вихідного параметру підсистеми Д – А – НС приймемо рівні викидів транспортних засобів при різних станах дорожнього покриття, а також кількість ПОМ, необхідну для ліквідації зимової слизькості і представимо її у вигляді вектора $\overline{e}(t)$. Компоненти вектора відповідають рівню забруднення, що формується при різних станах дорожнього покриття.

До внутрішніх параметрів підсистеми Д – А – НС, що впливають на стан покриття і рівень забруднення віднесемо власні параметри підсистеми, які розділимо на постійні і змінні дорожні і транспортні фактори.

Перелік власних параметрів підсистеми приведений в таблиці 2.

Таблиця 2 – Власні параметри системи

Компоненти вектора	Найменування параметра	Позначення
<i>Постійні дорожні параметри</i>		
$h_1(t)$	Повздожні похили	I
$h_2(t)$	Радіус кривої в плані	RK
$h_3(t)$	Робоча відмітка (насип, виїмка)	h
$h_4(t)$	Напрямок траси	ND
<i>Змінні дорожні параметри</i>		
$h_5(t)$	Температура дорожнього покриття	T_n
$h_6(t)$	Стан дорожнього покриття	SP
$h_7(t)$	Ширина проїзної частини	$B_{п.ч.}$
$h_8(t)$	Ширина узбіч	$B_{узб.}$
$h_9(t)$	Видимість	$L_{вид}$
$h_{10}(t)$	Рівність покриття	S
$h_{11}(t)$	Шорсткість покриття	φ
<i>Параметри транспортного потоку</i>		
$h_{12}(t)$	Інтенсивність руху	N
$h_{13}(t)$	Склад руху (кількість автомобілів з карбюраторними і дизельними двигунами)	N_k N_d

Продовження таблиці 2

$h_{14}(t)$	Швидкість руху	V
$h_{15}(t)$	Потужність емісії	G
$h_{16}(t)$	Витрата палива для автомобілів з різними типом двигуна	G_k G_d
<i>Захисні фактори</i>		
$h_{17}(t)$	Наявність забудови	Z
$h_{18}(t)$	Лісосмуги	LS
$h_{19}(t)$	Снігозахисні споруди	SZ

До параметрів впливу зовнішнього середовища відносяться $\overline{v(t)}$, які здійснюють вплив на стан покриття, швидкість руху і рівень викидів автотранспорту. Складові вектора впливу зовнішнього середовища представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Параметри зовнішнього середовища

Компоненти вектора	Найменування параметра	Позначення
$v_1(t)$	Температура повітря	T_n
$v_2(t)$	Атмосферний тиск	P
$v_3(t)$	Відносна вологість повітря	W
$v_4(t)$	Опади (наявність, вигляд, агрегатний стан)	OP
$v_5(t)$	Кількість опадів, що випали	K_{on}
$v_6(t)$	Хмарність	N_{xm}
$v_7(t)$	Швидкість вітру	U
$v_8(t)$	Направлення вектора	$Rumb$
$v_9(t)$	Зміна атмосферного тиску	ΔP

Закони функціонування підсистем Д – НС і Д – А – НС – це множина аналітичних та емпіричних залежностей для кількісної оцінки вищеперерахованих екологічних параметрів.

При розрахунку забруднення атмосфери найчастіше використовується метод Гаусівського розподілу домішок в атмосфері на невеликих висотах [12]. Методика розрахунку заснована на поетапному визначенні емісії відпрацьованих газів, концентрації забруднення повітря цими газами на різному віддаленні від дороги і порівнянні отриманих даних з ГДК:

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi}\sigma_z u \sin \varphi} + F, \quad (7)$$

де C – концентрація шкідливих речовин, г/м³; q – потужність емісії, г/с·м; σ_z – стандартне відхилення Гаусівського розсіювання у вертикальному напрямку; u – швидкість вітру, м/с; φ – кут, що утворюється між напрямом вітру і трасою дороги; F – фонові концентрації забруднюючих речовин, мг/м³.

Потужність емісії від усіх видів транспортних засобів визначається за формулою [12]:

$$q = 2,06 \cdot 10^{-4} m \left[\sum_1^i C_{ik} N_{ik} k_k + \sum_1^j C_{jd} N_{jd} k_d \right], \quad (8)$$

де m – поправковий коефіцієнт, що враховує відносну і абсолютну залежність об'ємів викидів в одиницю часу від середньої швидкості руху транспортного потоку; G_{jk} – середня витрата палива для карбюраторних автомобілів i -ої марки, л/км; G_{id} – те ж, для дизельних автомобілів, л/км; N_{ik} , N_{id} – інтенсивність руху i -ої марки відповідно карбюраторних і дизельних автомобілів; k_k , k_d – безрозмірні коефіцієнти, що приймаються для шуканого шкідливого компонента викидів відповідно для карбюраторних і дизельних типів двигунів.

Параметр t залежить від швидкості руху транспортних засобів і представлений у нормативній літературі графічно [12]. Для розрахунків можна використовувати дані, зняті з графіка і представлені в табличному вигляді.

Таким чином, для оцінки екологічного стану придорожньої смуги в зимовий період запропоновано математичну модель, яка дозволить кількісно спрогнозувати зміни параметрів функціонування досліджуваної системи від різних дій для розв'язання конкретних інженерно-екологічних задач.

Дослідження екологічного стану придорожньої сумги у зимовий період року на основі математичної моделі

Для підтвердження адекватності математичної моделі було проведено серію чисельних експериментів у співставленні результатів розрахунк з еспериментальними даними і отримано задовільних їх збіг.

На наступному етапі роботи було проведено ряд чисельних експериментів, зокрема з дослідження впливу різних станів дорожнього покриття на забруднення придорожньої смуги. До розгляду приймалися 5 найбільш поширених станів дорожнього покриття: сухе, мокре, рихлий сніг, сніжний накат, ожеледь. Результати розрахунків представлено на рисунку 2.

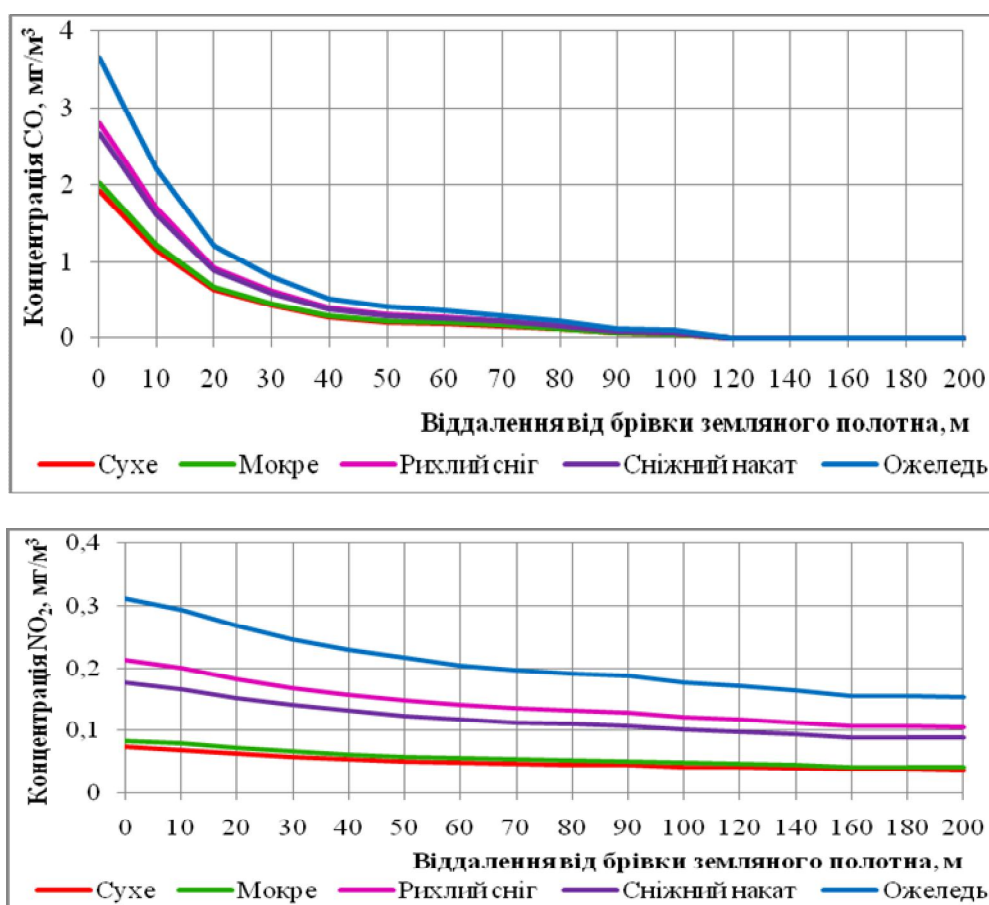


Рисунок 2 – Графіки розподілу концентрації CO та NO₂ у придорожній смугі при різних станах дорожнього покриття

Аналіз результатів розрахунків показав, що забруднення придорожньої смуги максимальне при ожеледі, мінімальне – при сухому покритті. Крім того, незалежно від стану покриття спостерігається зменшення концентрації CO і NO₂ з віддаленням від брівки земляного полотна.

Також було проведено дослідження впливу наявності лісосмуг на розсіювання забруднюючих домішок у повітрі придорожньої смуги. Результати розрахунків наведено на рисунку 3.

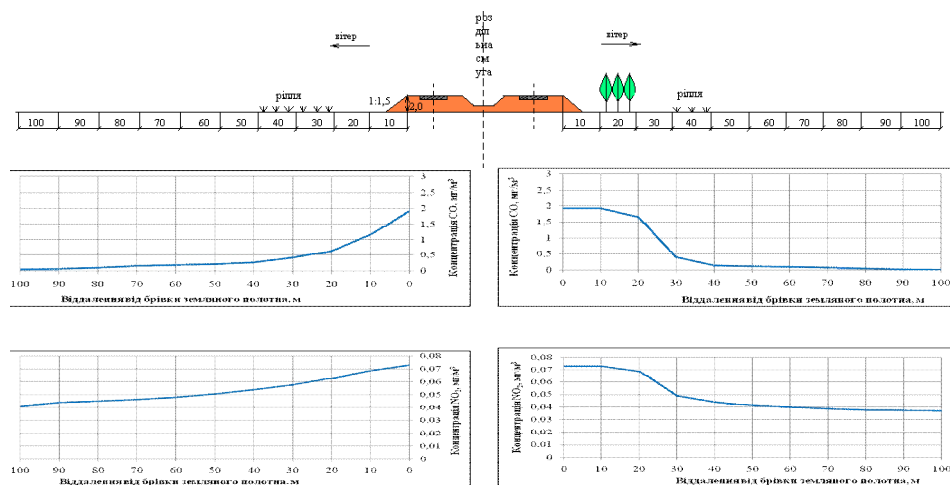


Рисунок 3 – Графіки розподілу концентрацій CO і NO₂ у повітрі придорожньої смуги з урахуванням та без урахування впливу лісосмуги

Аналіз результатів розрахунків показав, що лісосмуги зменшують інтенсивність розсіювання домішок на 40-50% і сприяють накопиченню їх в придорожній смугі. Це обумовлює необхідність влаштування розривів між лісосмугами для кращої провітрюваності доріг. За лісосмугами рівень загазованості, в середньому, не перевищує ГДК.

На основі проведених розрахунків та аналізу експериментальних даних було встановлено закони розподілу CO та NO₂ у повітрі придорожньої смуги. Для цього було побудовано відповідні гістограми (рисунок 4).

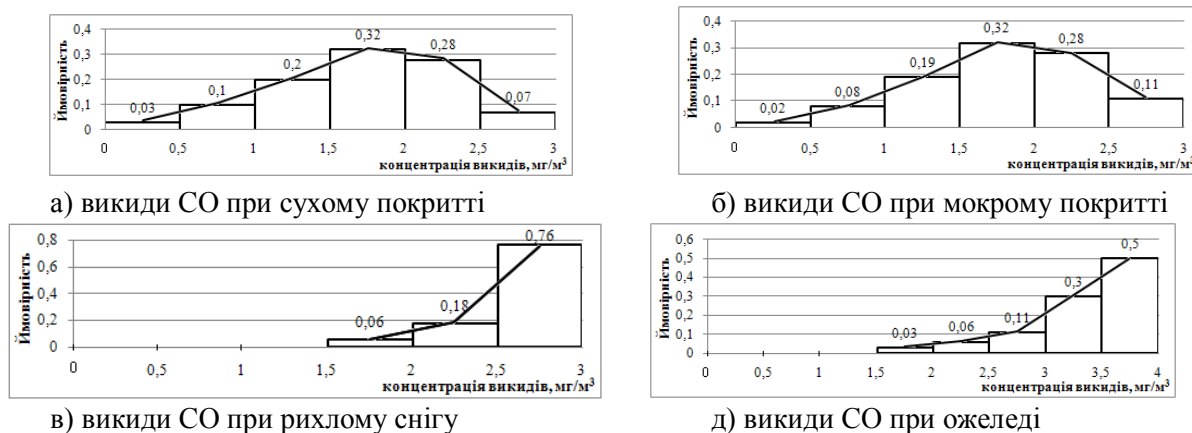


Рисунок 4 – Гістограми розподілу викидів CO за результатами моделювання

Аналіз гістограм дозволяє зробити висновок, що досліджувана випадкова величина викидів CO при сухому і мокрому покритті розподілена за нормальним законом і описується залежністю:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

де x – випадкова величина (швидкість руху); \bar{x} – математичне очікування значень швидкості руху; σ – середнє квадратичне відхилення.

Розподіл викидів CO за наявності на покритті рихлого снігу, сніжного нахату і ожеледі здійснюється за показовим законом. Перевірка правильності даних гіпотез проводилася за критеріями згоди «хі-квадрат» Пірсона і Романовського і не відкидається при рівні значущості 0,1. Щільність ймовірності показникового закону можна описати залежністю:

$$f(x) = \mu \cdot e^{-\mu x} = \frac{1}{M(x)} e^{-\frac{x}{M(x)}}, \quad (10)$$

де μ – параметр показникового закону; $M(t) = \frac{1}{\mu}$ – математичне очікування.

Результати статистичної обробки викидів СО представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати статистичної обробки концентрації викидів СО при різних станах дорожнього покриття в зимовий період

Стан покриття	Закон розподілу концентрації викидів СО	Параметри закону	Концентрація викидів СО, мг/м ³			
			Середнє значення	Довірчий інтервал розкиду середнього значення для довірчої ймовірності		
				0,85	0,90	0,95
Сухе	Нормальний	$\bar{x}=1,740$ $\sigma=0,795$	1,740	0,717+2,763	0,576+2,904	0,350+3,132
Мокре	Нормальний	$\bar{x}=1,835$ $\sigma=0,816$	1,835	0,756+2,914	0,607+3,063	0,367+3,303
Сніжний накат	Показниковий	$\mu=0,413$	2,420	0,997+3,843	0,800+4,040	0,484+4,356
Ожеледь	Показниковий	$\mu=0,301$	3,320	1,368+5,272	1,096+5,544	0,662+5,978
Рихлий сніг	Показниковий	$\mu=0,392$	2,550	1,050+4,050	0,843+4,256	0,512+4,588

Аналогічні розрахунки було проведено і для NO₂. Аналітичні результати наведено в таблиці (таблиця 4)

Таблиця 4 – Результати статистичної обробки концентрації викидів NO₂ при різних станах дорожнього покриття в зимовий період

Стан покриття	Закон розподілу концентрації викидів NO ₂	Параметри закону	Концентрація викидів NO ₂ , мг/м ³			
			Середнє значення	Довірчий інтервал розкиду середнього значення для довірчої ймовірності		
				0,85	0,90	0,95
Сухе	Показниковий	$\mu=16,97$	0,050	0,021+0,079	0,017+0,083	0,010+0,090
Мокре	Показниковий	$\mu=17,54$	0,057	0,024+0,090	0,019+0,095	0,012+0,103
Сніжний накат	Нормальний	$\bar{x}=0,138$ $\sigma=0,063$	0,138	0,057+0,219	0,046+0,230	0,028+0,248
Ожеледь	Показниковий	$\mu=4,12$	0,243	0,100+0,386	0,081+0,405	0,049+0,437
Рихлий сніг	Нормальний	$\bar{x}=0,166$ $\sigma=0,076$	0,166	0,068+0,263	0,055+0,277	0,033+0,299

Результати статистичної обробки викидів СО, представлені в табл. 3, показують, що при всіх станах покриття, окрім ожеледі, середні рівні викидів не перевищують ГДК=3 мг/м³. Проте, верхні значення довірчих інтервалів для довірчої ймовірності 0,95 у всіх випадках знаходяться за межами ГДК.

Результати статистичної обробки викидів NO₂, представлені в табл. 4, дозволяють зробити висновок про те, що їх середні значення і верхні значення довірчих інтервалів для довірчих ймовірностей 0,85, 0,90 і 0,95 при всіх станах покриття перевищують ГДК=0,04 мг/м³.

Висновки

1. Дорожньо-транспортний комплекс є одним з найбільш суттєвих забруднювачів навколишнього середовища, що обумовлює необхідність вирішення проблем екологічної безпеки і зниження дії автотранспорту на середовище існування людини.

2. На формування транспортного забруднення придорожньої смуги здійснюють вплив три групи факторів: дорожні, природно-кліматичні і транспортні.

3. В рамках системного підходу запропоновано математичну модель для оцінки екологічного стану придорожньої смуги в зимовий період року.
4. Найвищий рівень забруднення придорожньої смуги в зимовий період року спостерігається при ожеледі, найменший – при сухому покритті.
5. Наявність лісосмуг вздовж автомобільної дороги підвищує накопичення CO і NO₂ у придорожній смузі на 40-50%.
6. На основі статистичного аналізу встановлено закони розподілу концентрацій CO і NO₂ у придорожній смузі при різних станах покриття.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.; 1975. – 448 с.
2. Буренин Н.С. Исследование загрязнения атмосферы выхлопными газами автотранспорта. Автореф. к.т.н. Гл. упр. Гидрометеорологической службы при Совмине СССР, Гл. Геофизическая обсерватория им. Воейкова. – Л., 1977. – 18 с.
3. Кириллов Г.П. Прогнозирование загрязнения жилых территорий выхлопными газами автомобильного транспорта и градостроительные мероприятия по его уменьшению. Автореф. к.т.н. / Волгоград, 1973 – 31 с.
4. Рябиков Н.А. Оценка влияний условий движения автомобилей на загрязнение воздуха отработавшими газами бензиновых двигателей: Автореф. на к.т.н. / СоюздорНИИ, М., 1984, 188 с.
5. Скорченко В.Ф. Дослідження впливів дорожніх умов на забруднення навколишнього середовища автомобілями: Автореф. к.т.н. / КАДІ, К., 1980, 229 с.
6. Филиппов В.В. Экологические расчеты при проектировании дорог // Автомобильные дороги, 1990, №5. - с. 20.
7. Черв'якова Т.І. Вдосконалення дорожніх умов на основі екологічної оцінки повітряного басейну на примігистральних територіях: Автореф. к.т.н. / КАДІ, К., 1988, 347 с.
8. Сеттон С.Г. Микрометеорология (пер. с англ.). – Л.; 1958. – 35 с.
9. Васильев А.П. Проектирование дорог и влияние климата на условия движения. – М.; 1986. – 248 с.
10. Самодурова Т.В. Организация борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах по данным прогноза: Автореф. к.т.н. / МАДИ, М., 1992, 235 с.
11. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.; 1990. – 86 с. (справ. пособие к СНиП)
12. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Сост. ГипродорНИИ, СоюздорНИИ, МАДИ, Федеральный дорожный департамент. – М.; 1995. – 123с.

REFERENCES

1. Berlyand ME Modern problems of atmospheric diffusion and air pollution. L. 1975 . 448.
2. Burenin NS Study of air pollution vehicle exhausts . Author. Ph.D. Chap. Exercise . Hydrometeorological Service under the USSR Council of Ministers , Ch. Geophysical Observatory . Voeikova . L., 1977. 18 .
3. Kirillov GP Prediction of pollution residential areas exhaust gases of motor transport and urban development activities to reduce it . Author. Ph.D. Volgograd, 1973. 31 p.
4. Ryabikov NA Score influences driving conditions on air pollution by exhaust gases of gasoline engines : Author. for Ph.D. SoyuzdorNII. Moscow. 1984. 188 p.
5. Skorchenko VF Investigation of the influence of traffic conditions on pollution cars: Author. Ph.D. KADI, K., 1980, 229 p.
6. VV Filippov Environmental calculations when designing roads. Roads, 1990, № 5. With. 20.
7. Cherv'yakova T.I. Vdoskonalennya dorozhnikh minds on osnovi ekologichnoi otsinki povitryanogo communal swimming pool on primagistralnih teritoriyah : Author. Ph.D. KADI, K., 1988, 347 p.
8. Setton SG Micrometeorology (translated from English). L., 1958. 35.
9. AP Vasilyev Road design and impact of climate on traffic conditions. M., 1986. 248.
- 10 . Samodurova TV Organization to combat icy roads on the roads according to the forecast : Author. Ph.D. MADI, Moscow, 1992, 235 p.
11. BJ tips , Yakovlev SA Modeling systems. M., 1990. 86 p. (ref. to benefit SNIP)

12. Guidance on accounting requirements for the protection of the environment in the design of roads and bridges . Sost. GiprodorNII , SoyuzdorNII , MADI , Federal Highway Department . M., 1995. 123с.

РЕФЕРАТ

Бондаренко Л.П. Дослідження екологічного стану придорожньої смуги в зимовий період року на основі математичного моделювання / Л.П. Бондаренко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. — К. : НТУ, 2014. —Вип. 13.

В статті проведено дослідження екологічного стану придорожньої смуги у зимовий період року, який є найбільш складним і напруженим в роботі дорожно-експлуатаційних організацій.

Об'єкт дослідження: система „дорога-автомобіль-нарколишне середовище”

Мета роботи – дослідити вплив різних факторів на формування забруднення придорожньої смуги в зимовий період року.

В рамках роботи проаналізовано зовнішні і внутрішні параметри, що впливають на екологічний стан придорожньої смуги; запропоновано відповідну математичну модель; проведено числовий експеримент з дослідження впливу стану покриття і наявності лісосмуг на екологічний стан придорожньої смуги; встановлено закони розподілу приземних концентрацій домішок в придорожній смузі.

Аналіз результатів розрахунків показав, що забруднення придорожньої смуги максимальне при ожеледі, мінімальне – при сухому покритті. Крім того, наявність лісосмуг зменшує інтенсивність розсіювання домішок і сприяють накопиченню їх в придорожній смузі.

На основі проведених розрахунків та аналізу експериментальних даних побудовано гістограми розподілу концентрацій оксиду вуглецю та діоксиду азоту у повітрі придорожньої смуги при різних станах дорожнього покриття. Встановлено, що оксид вуглецю підпорядковується нормальному закону розподілу концентрацій при сухому та мокрому покритті і показниковому – при сніжному накаті, рихлому снігові та ожеледі. Для діоксиду азоту притаманний показниковий розподіл концентрацій при сухому та мокрому покритті, а також при ожеледі та нормальний – при рихлому снігові та сніжному накаті.

Отримані в роботі результати та науково-практичні висновки, дозволяють приймати обгрунтовані інженерні рішення, направлені на зниження негативного впливу дорожно-транспортного комплексу на екологічний стан довкілля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРИДОРОЖНЯ ПОЛОСА, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

REFERENCES

Bondarenko L. P. Study of the ecological state of the roadside in winter, based on mathematical modelling. Management of projects, system analysis and logistics. Kyiv. NTU. 2014. Vol. 13.

This paper investigated the ecological state of the roadside during the winter period, which is the most challenging and stressful for the road maintenance organizations.

Object of study: system "road - vehicle - environment"

Purpose - to investigate the influence of various factors on the roadside pollution in winter.

As part of the analyzed internal and external parameters affecting the ecological state of the roadside; proposed mathematical model , the numerical experiment on the effect of coating condition and the presence of windbreaks on the ecological condition of roadside; established relations of distribution of surface concentrations of impurities in the roadside .

Analysis of the results of the calculations showed that the pollution of the roadside icy maximum and minimum - in the dry coating. In addition, the presence of belts reduces the intensity of dispersion of pollutants and contribute to their accumulation in the roadside .

On the basis of calculations and analysis of experimental data histograms of the concentration distribution of carbon monoxide and nitrogen dioxide in the air roadside at various states of the pavement . Determined the normal distribution of concentrations of carbon monoxide in dry and wet surfaces and demonstration - with snowy reel, loose snow and ice . For nitrogen dioxide inherent exponential law distribution of concentrations under dry and wet conditions coverage , as well as ice and normal - when fresh snow and snow reel .

The results are obtained and scientific - practical conclusions will allow to make informed engineering decisions aimed at reducing the negative impact of road - transport complex on the environmental situation.

KEYWORDS: ROADSIDE curb , ecological condition , mathematical modeling, numerical experiments

РЕФЕРАТ

Бондаренко Л.П. Исследование экологического состояния придорожной полосы в зимний период года на основе математического моделирования / Л.П. Бондаренко // Управление проектами, системный анализ и логистика. – К. : НТУ, 2014. – Вып. 13.

В статье проведено исследование экологического состояния придорожной полосы в зимний период года, который является наиболее сложным и напряженным в работе дорожно - эксплуатационных организаций.

Объект исследования: система "дорога -автомобиль -окружающая среда "

Цель работы – исследовать влияние различных факторов на формирование загрязнения придорожной полосы в зимний период года.

В рамках работы проанализированы внешние и внутренние параметры, влияющие на экологическое состояние придорожной полосы; предложена соответствующая математическая модель; проведен численный эксперимент по исследованию влияния состояния покрытия и наличии лесополос на экологическое состояние придорожной полосы; установлены законы распределения приземных концентраций примесей в придорожной полосе.

Анализ результатов расчетов показал , что загрязнение придорожной полосы максимальное при гололеде, минимальное – при сухом покрытии. Кроме того, наличие лесополос уменьшает интенсивность рассеивания примесей и способствуют накоплению их в придорожной полосе .

На основе проведенных расчетов и анализа экспериментальных данных построены гистограммы распределения концентраций оксида углерода и диоксида азота в воздухе придорожной полосы при различных состояниях дорожного покрытия. Установлен нормальный закон распределения концентраций оксида углерода при сухом и мокром покрытии и показательный – при снежном накате, рыхлом снегу и гололеде . Для диоксида азота присущ показательный закон распределения концентраций при сухом и мокром состояниях покрытия, а также при гололеде и нормальный – при рыхлом снегу и снежном накате .

Полученные в работе результаты и научно - практические выводы, позволят принимать обоснованные инженерные решения, направленные на снижение негативного воздействия дорожно - транспортного комплекса на экологическое состояние окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРИДОРОЖНАЯ ПОЛОСА, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

АВТОРИ:

Бондаренко Людмила Петрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації доріг, e-mail: Luda_bond@ukr.net, тел. +0442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 218

AUTHOR:

Lyudmila Bondarenko, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, assistant professor of construction and maintenance of roads, e-mail:

Luda_bond@ukr.net, tel. +0442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Suvorov 1, k 218

АВТОРЫ:

Бондаренко Людмила Петровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры строительства и эксплуатации дорог, e-mail: Luda_bond@ukr.net, тел. +0442803942, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 218

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри аеропортів, Київ, Україна.

Лантух-Лященко Альберт Іванович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри мостів і тунелів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Hamelyak Igor Pavlović, Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of airports, Kyiv, Ukraine.

Lantukh-Lyaschenko Albert Ivanovych, Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of bridges and tunnels, Kyiv, Ukraine.