

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.478-492

УДК 712.4

д.т.н., професор **Татарченко Г.О.**,
tatarchenkogalina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4685-0337,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
д. арх., професор, професор **Дьомін М.М.**,
deminmaster@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3144-761X,
к.т.н. **Тарасюк В.П.**, tarasyuk90@gmail.com, ORCID:0000-0003-4762-5668,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МОДЕЛЬ ЗАБРУДНЕННЯ ОКСИДАМИ АЗОТУ ПРИМАГІСТРАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА

Розглянуто формування викидів від автотранспортних джерел на одному із найнавантажених транспортних коридорів міста Києва – магістральному напрямку проспект Перемоги – бульвар Тараса Шевченка. Визначено, що інтенсивність руху транспортних засобів на різних його ділянках коливається в межах 15 ÷ 63 тис. приведених автомобілів на добу в одному напрямку. Інтенсивність руху на перетинах в різних рівнях відрізняється в півтора - два рази. Розрахунки показали, що середні концентрації оксидів азоту в місцях інтенсивного антропогенного навантаження - перехресть магістральних вулиць, в десятки разів перевищують величини гранично-допустимих концентрацій. Поблизу магістралей і перехресть максимальні концентрації забруднюючих речовин формуються при слабких швидкостях вітру та напрямках вітру під кутом близьким до 45° до магістралей.

На підставі проведених розрахунків отримана модель забруднення оксидами азоту приміагістральних територій міста - залежність концентрації оксидів азоту від інтенсивності транспортних засобів, яка може бути критерієм зонування території міста за ступенем забруднення атмосферного повітря.

Ключові слова: територія; повітряний простір; місто; екологія міст; забруднення; модель.

Постановка проблеми. З розвитком промисловості і науково-технічної думки, зростанням економіки і знань про навколишнє середовище, кількість небезпечних факторів і процесів, які необхідно врахувати при проектуванні будь-якого об'єкта, будь то окрема будівля, місто або система розселення, постійно зростає. Тому забезпечення безпеки у всіх сферах діяльності людини було і залишається актуальною науковою проблемою.

Неблагополучна екологічна ситуація в багатьох населених пунктах, особливо у великих містах, є однією з основних причин масової захворюваності серед населення (в першу чергу, це захворювання дихальних шляхів і системи кровообігу, онкологічні захворювання) [1-2], тому забезпечення екологічної безпеки територій - найважливіша державна задача. Для управління якістю атмосферного повітря в місті велике значення має вивчення формування екстремально високого забруднення атмосфери.

Визначити внесок автотранспортних джерел викидів дозволяє попередня оцінка забруднення атмосферного повітря, за допомогою якої можна змодельовати конкретну ситуацію і дати прогностичні оцінки стану забруднення атмосферного повітря, а також визначити шляхи поліпшення екологічних характеристик автотранспортних засобів, розвитку вулично-дорожньої мережі міст та ін. факторів [3-4].

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Викиди відпрацьованих газів автотранспортних засобів з'являються в результаті згоряння палива, наприклад, бензину, дизельного палива, скрапленого газу (LPG) і природного газу в двигунах внутрішнього згоряння. Транспортні засоби в технічному регламенті поділяють на категорії - пасажирські транспортні засоби (M) та вантажні автомобілі (N) [5]:

- M1 - транспортні засоби, що використовуються для перевезення пасажирів і мають, крім місця водія, не більше восьми місць для сидіння. Автобуси, тролейбуси, спеціалізовані пасажирські транспортні засоби.

- M2 - транспортні засоби, що використовуються для перевезення пасажирів, що мають, крім місця водія, більше восьми місць для сидіння, технічно допустима максимальна маса яких не перевищує 5 тон.

- M3 - транспортні засоби, що використовуються для перевезення пасажирів, що мають, крім місця водія, більше восьми місць для сидіння, технічно допустима максимальна маса яких перевищує 5 тон.

- N1 - транспортні засоби, призначені для перевезення вантажів, мають технічно допустиму максимальну масу не більше 3,5 тон.

- N2 - транспортні засоби, призначені для перевезення вантажів, мають технічно допустиму максимальну масу понад 3,5 тон, але не більше 12 тон.

- N3 - транспортні засоби, призначені для перевезення вантажів, мають технічно допустиму максимальну масу понад 12 тон.

Очевидно, що ступінь загазованості повітря міст знаходиться в складній залежності від численних факторів, що стосуються як джерел викидів, так і планувальної ситуації, організації руху, метеорологічних умов і ін.

Моніторинг забруднення атмосферного повітря [6], а саме твердими частинками (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) і газами (оксидів азоту NO, NO₂, NO_x) поблизу

перехресть в міських районах і оцінка часток PM_{10} , $PM_{2.5}$ і PM_1 з урахуванням метеорологічних умов та інтенсивності руху виявили, що кільцеві перехрестя мають особливі геометричні параметри і маршрут руху транспортних засобів, які можуть вплинути на генерацію та розповсюдження шкідливих викидів.

В роботі [7] вимірювання проводилися на чотирьох перехрестях міста. Статистично значимі відмінності були виявлені між ділянками відбору проб для всіх концентрацій забруднюючих речовин, крім NO_2 . Найвищі масові концентрації PM_{10} , вуглецю і поліциклічного ароматичного вуглеводню спостерігалися на півдні міста в місцях з найвищою щільністю руху. На всіх ділянках вимірювання найвища концентрація пов'язаних з частинками забруднюючих речовин в основному реєструвалася вранці і вдень. Найвищий ризик для здоров'я був отриманий на півдні міста, де він був оцінений як значний.

Авторами [1] зроблено висновок, що, зокрема, міське населення, яке проживає в вуличних каньйонах з інтенсивним дорожнім рухом, має потенційні ризики для здоров'я. Це пов'язано з впливом підвищених в два рази концентрацій в результаті викидів вихлопних газів в $PM_{2.5}$ і в 2-3 рази для важких металів в результаті зносу гальм і шин, а також вторинного дорожнього пилу PM_{10} . Відзначено, що управління якістю повітря на місцевому рівні може бути зосереджено місцевими заходами щодо вуличних каньйонів з інтенсивним дорожнім рухом.

В роботі [8], на підставі проведеного аналізу даних стосовно забруднення оксидами азоту транспортними потоками на магістральних дорогах м. Києва визначено, що дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування та розрахункові значно відрізняються, тому необхідний додатковий контроль в точках близьких до магістральних вулиць. Напрямок та швидкість руху вітру має велике значення при вирішенні питань розміщення магістральних трас в плані міста. Якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто передбачити додаткові захисні заходи.

Поєднання NO і NO_2 прийнято називати оксидами азоту (NO_x). У вихідних газах монооксид азоту NO становить 95-99% загального викиду NO_x , в той час як вміст більш токсичного діоксиду азоту NO_2 не перевищує 1-5%. Після викиду димових газів в атмосферу, під впливом природних факторів, велика частина NO згодом окислюється до NO_2 з озоном та іншими окислювачами.

Досліджуючи залежність концентрації діоксиду азоту від швидкості вітру та інтенсивності руху автомобілів, автори [9] виявили, що при швидкості вітру до 1,5 м/с концентрації NO_2 прямо пропорційні інтенсивності руху. З подальшим збільшенням швидкості вітру (2 – 2,5 м / с) на утримання цього газу

в повітрі помітно позначається фактор розсіювання, що виражається в зміні кута нахилу кривої концентрацій.

Найвищі значення концентрацій NO і NO₂ зареєстровані в транспортних тунелях [10], зі зростанням концентрацій діоксиду вуглецю йде зниження концентрації кисню. На думку дослідників, цей факт є свідченням порушення відновлювальних властивостей навколишнього середовища.

Метою публікації є на основі отриманих даних розробити модель забруднення оксидами азоту приміагстральних територій міста.

Основна частина. Одним із інструментів стратегічного транспортного планування, який дозволяє здійснювати обґрунтування та прийняття ефективних і відповідальних проектних рішень у сфері транспорту та інфраструктури є транспортна модель міста. Транспортні моделі, побудовані на сучасних інформаційних технологіях представляють собою наймогутніші обчислювальні програмні комплекси, які на основі функціонально-просторових характеристик міста в сукупності з усіма наявними даними про транспортний попит і пропозицію розраховують наймовірніший розподіл транспортних і пасажирських потоків по вулично-дорожній мережі [11]. На основі транспортної моделі міста Києва встановлено, що магістральний напрямок проспект Перемоги – бульвар Тараса Шевченка є одним із найнавантажениших транспортних коридорів міста. Визначено, що інтенсивність руху транспортних засобів на різних його ділянках коливається в межах 15 ÷ 63 тис. приведених автомобілів на добу в одному напрямку.

Місцями максимальної концентрації транспортних потоків є перетини міських магістралей [12]. На основі результатів транспортного макромодельювання на ділянці магістрального напрямку проспект Перемоги – бульвар Т. Шевченка в м. Києві виділили вісім вузлів (рис.1) з найбільшою інтенсивністю руху транспортних засобів (Таблиця 1).

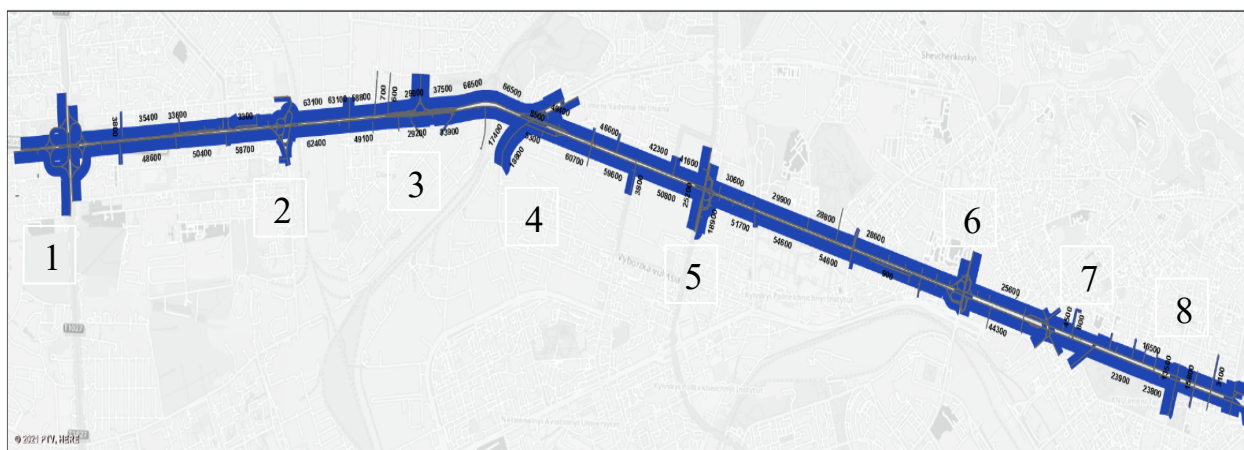


Рис. 1. Вузли максимальної концентрації транспортних потоків ділянки магістрального напрямку проспект Перемоги – бульвар Т. Шевченка у м. Києві.

Таблиця 1

Інтенсивність руху транспортних засобів в межах основних вузлів магістрального напрямку проспект Перемоги – бульвар Т. Шевченка у м. Києві

№п/п	Вузол	Принцип організації руху в межах вузла	Сумарна інтенсивність вхідних транспортних потоків, прив. од./добу
1	Проспект Перемоги – Кільцева дорога	Перетин в різних рівнях	192600
2	Проспект Перемоги – вул. Святошинська	Перетин в різних рівнях	140300
3	Проспект Перемоги – вул. Данила Щербаківського	Перетин в різних рівнях	164300
4	Проспект Перемоги – вул. Дегтярівська – вул. М. Василенка	Перетин в різних рівнях	158200
5	Проспект Перемоги – вул. В. Гетьмана – вул. О. Довженка	Перетин в різних рівнях	147600
6	Проспект Перемоги – Повітрофлотський проспект	Перетин в різних рівнях	174200
7	Проспект Перемоги – вул. Саксаганського – вул. Дмитрівська	Регульований перетин	113500
8	Бульвар Т. Шевченка – вул. Хрещатик – вул. Басейна	Регульований перетин	104700

Процентне відношення розподілу різних видів транспорту в межах перетину проспект Перемоги – вул. Саксаганського – вул. Дмитрівська (вузол №7) показує, що основним джерелом забруднення території є авто, тобто категорія М (рис.2). При переході до перетину проспект Перемоги – Кільцева дорога (вузол №1) зростає кількість транспортних засобів категорії N, але при цьому сумарний відсоток категорій М і N залишається в тому ж діапазоні 78-85%. Результати проведених обстежень показали, що при високій щільності та швидкості руху 30 км/год, інтенсивність руху транспорту по одній смузі становить 1500-1600 авт/год.

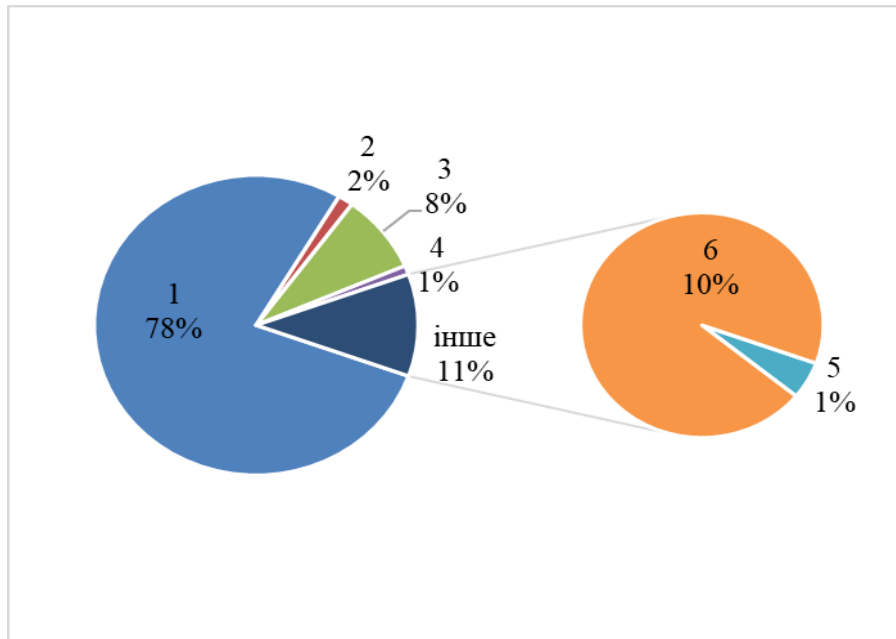


Рис.2. Процентне відношення видів транспорту в межах транспортних вузлів м. Києва: 1 - легковий автомобіль; 2 – вантажівка; 3 – автобус; 4 – мотоцикл; 5 – велосипед; 6 – фургон.

Аналіз зміни обсягу добового трафіку за тижневий період показав максимальне навантаження в робочі дні на всіх вузлах магістрального напрямку (рис.3). Для добової зміни трафіку характерні максимуми в ранкові та вечірні години.

Відповідно до загальних положень теоретичної моделі методика архітектурно-містобудівного забезпечення екологічної безпеки розселення повинна бути доповнена фінальною оцінкою ефективності прийнятих рішень з урахуванням можливої шкоди природі, еколого-економічної ефективності і потенційної конфліктності. Згідно методики [13] проведено розрахунок значень питомих викидів NO для кожного виду палива в режимі розгону. Витрати бензину та дизельного палива визначаються за формулою (1):

$$m_{ikpv} = a + b \cdot V + c \cdot V^2 + d \cdot V^3 + e \cdot V^4 \quad (1)$$

де V – швидкість; де a, b, c - коефіцієнти регресії приймають відповідно до [14].

Питомі викиди забруднюючих речовин NO_x для діапазонів швидкостей (від 0 до 20, 30, 40, 50, 60) км/год, визначають за формулою (2), мг/с:

$$m_{ikpv}^* = \frac{1}{3600} \cdot m_{ikpv} \cdot V \cdot k_{ri} \quad (2)$$

де k_{ri} - коефіцієнт впливу режиму розгону на питомий викид i -тої речовини. Даний коефіцієнт розраховують за формулою (3). Результати розрахунку наведено в табл.2:

$$k_r = a + b \cdot V_r + c \cdot V_r^2, \quad (3)$$

де a , b , c - коефіцієнти регресії приймають відповідно до [13]; V_r – задана швидкість

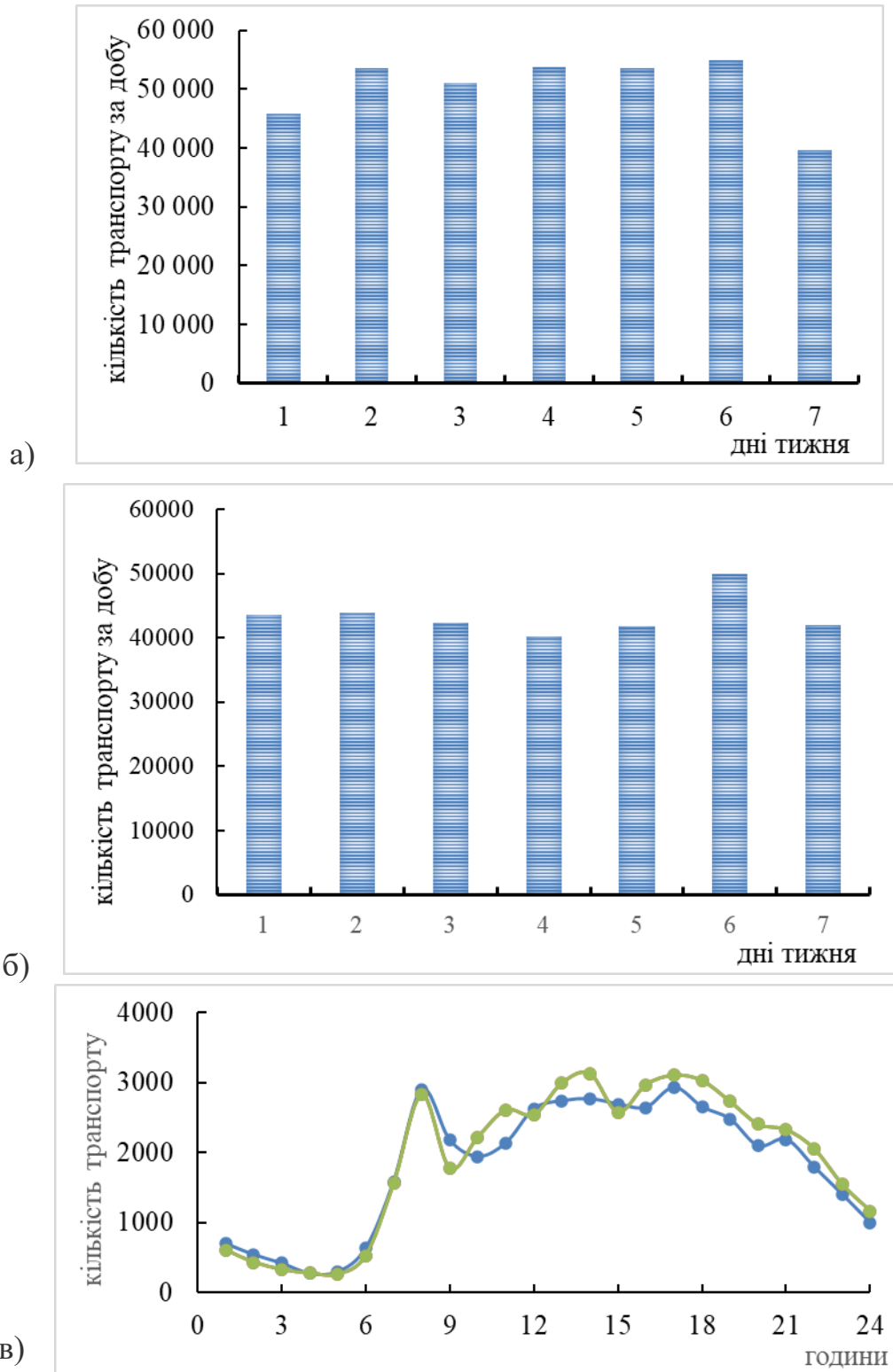


Рис. 3. Зміна трафіку за тиждень (а, б) та за добу (в) в межах в вузлів: а) №7, б) №6 на магістральному напрямку проспект Перемоги – бульвар Тараса Шевченка у м. Києві

Таблиця 2.

Розрахункові значення коефіцієнту k_{pi} для різних видів палива

Вид палива	Значення коефіцієнту V=50 км/год	
	Категорії транспортних засобів	
	M1, M2, N1	M3, N2, N3
бензин	6,463	20651,670
дизельне паливо	5,300	1,836
стиснений природний газ	6,463	
зріджений нафтовий газ		2,429

Проведені розрахунки питомих викидів NO_x (m'_{ikpv} , мг/с) у відпрацьованих газах транспортних засобів для різних видів палива (табл.3) показали, що максимальний обсяг викидів оксидів азоту приходить на зріджений нафтовий газ та стиснений природний газ.

Таблиця 3.

Питомі викиди NO_x (m'_{ikpv} , мг/с) у відпрацьованих газах транспортних засобів для різних видів палива

	M1	M2	M3	N1	N2	N3
бензин	0,0750	0,0892	0,1752	34,0678	0,1801	0,1680
дизельне паливо	0,0197	0,0425	-0,0337	0,03055	0,0725	0,1164
стиснений природний газ			9,4262		7,7069	2,2407
зріджений нафтовий газ	2,3480	2,3480		2,3480		

Масові розгону (4):

$$M_i = \frac{1}{3600} \cdot I \cdot \sum_{jk} \frac{(m'_{ikpv} \cdot \gamma_{kpj} \cdot V_r \cdot k_j)}{3,6 \cdot a} \cdot \text{викиди } NO_x \text{ (} M_i \text{) в режиму визначали за формулою}$$

(4)

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;

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

k_j - коефіцієнт приведення до норми j -го екологічного класу Євро визначають на основі співвідношення нормативів викидів транспортних засобів j -го екологічного класу Євро до нормативів викидів Євро-0 мг/с [14].

a - прискорення руху транспортних засобів (для М1, N1 приймають 1,5 м/с²; для М2, М3, N2, N3 приймають 1 м/с²).

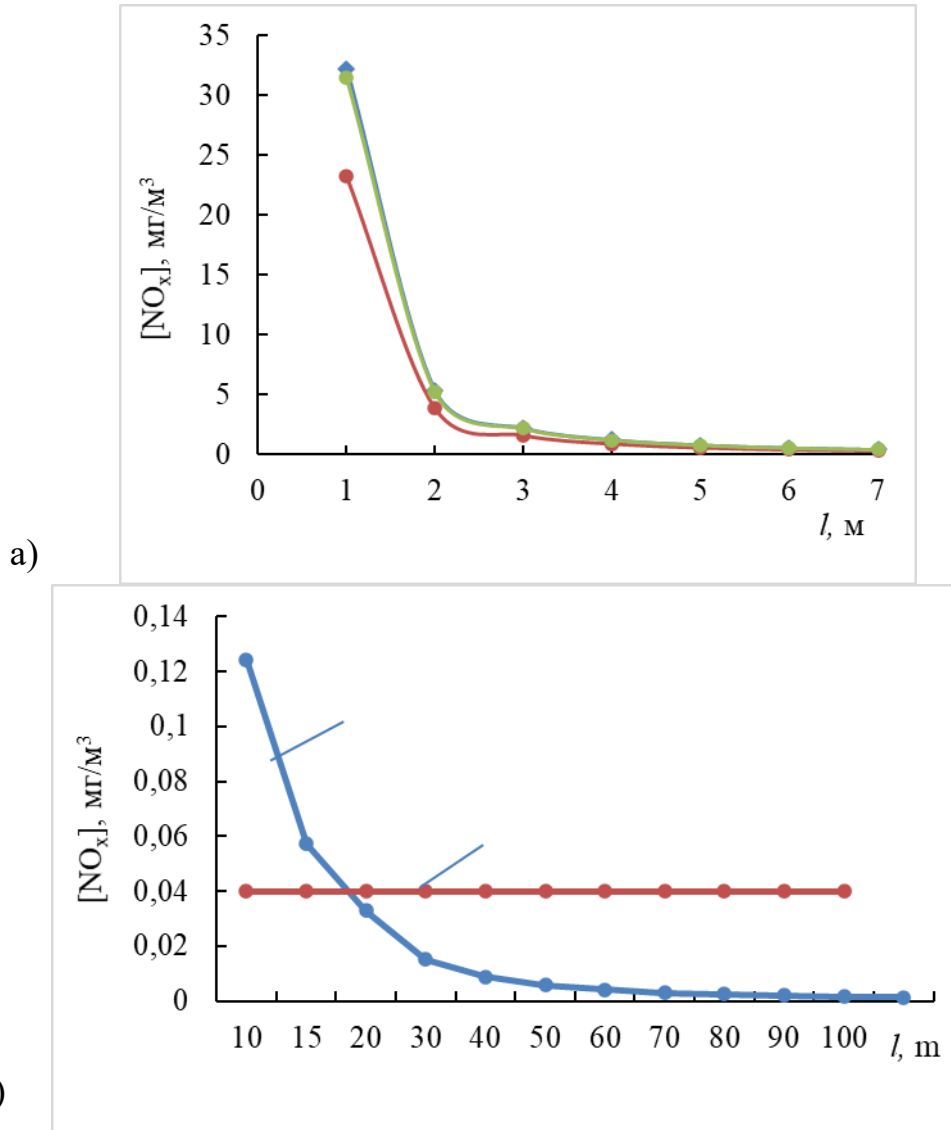


Рис.4. Зміна концентрації оксидів азоту від відстані на вузлі №7
а) територія магістралі, б) примігистальна територія- крива 1; ГДК_{сд} – крива 2.

На перегонах магістралей зі зменшенням швидкості руху автомобільного транспорту викиди оксиду вуглецю збільшуються, а викиди діоксиду азоту знижуються, що обумовлено розходженням у питомих викидах автомобілів при різних режимах роботи двигуна. Зі збільшенням інтенсивності руху, без зміни швидкості руху, викиди забруднюючих речовин зростають.

Зі збільшенням інтенсивності руху автотранспортних потоків максимальні приземні концентрації зростають. Зі зменшенням швидкості руху на перегонах

автомагістралей концентрації оксидів азоту знижуються в півтора-два рази, в той час як оксиду вуглецю істотно зростають. У зоні регульованих перехресть зі збільшенням довжини черги рівень забруднення атмосферного повітря оксидом азоту зростає в середньому на порядок, що призводить до перевищення ГДК в десятки разів. Поблизу магістралей і перехресть максимальні концентрації забруднюючих речовин формуються при слабких швидкостях та напрямках вітру під кутом близьким до 45° до магістралей.

Отримана база даних дозволила розрахувати лінійну модель забруднення оксидами азоту примагістральних територій міста - залежність концентрації оксидів азоту від інтенсивності руху транспортних засобів:

$$C = 0,0141 \cdot I - 0,0104, \text{ мг/м}^3 \quad (5)$$

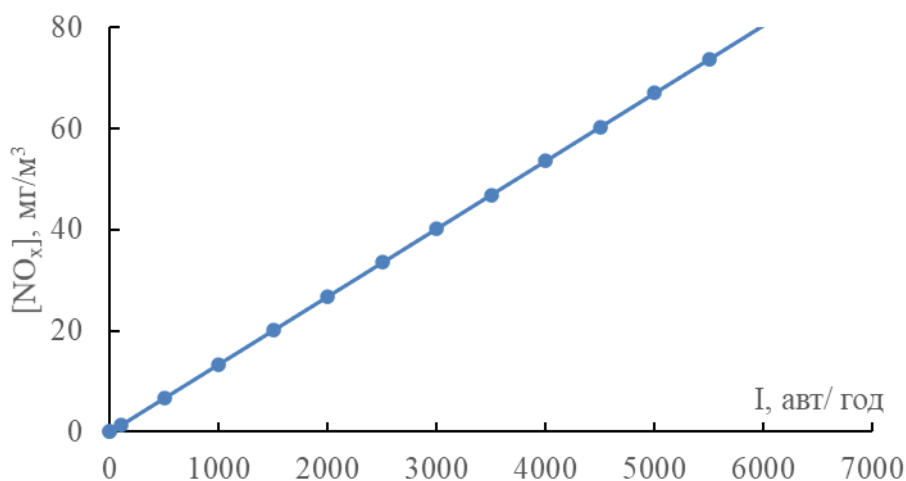


Рис. 5. Залежність концентрації викидів оксиду азоту від інтенсивності руху транспорту на магістралях міста

Розрахункова модель (рис.5) дозволяє формувати динамічну систему екологічного моніторингу атмосферного повітря і прогнозувати екологічно безпечний розвиток розселення в територіальному плануванні, вносити пропозиції відповідних містобудівних заходів, а також може бути критерієм зонування території міста за ступенем забруднення атмосферного повітря примагістральної території.

В цілому слід зазначити, що концентрації будь-яких компонентів автомобільних викидів схильні до великих коливань в залежності не тільки від інтенсивності руху автотранспорту, ширини вулиці, її рельєфу, характеру забудови, але і від метеорологічних умов.

Висновки. Проведено аналіз даних про наявні джерела забруднення атмосферного повітря в межах магістралей і примагістральної території, а саме: оцінку інтенсивності руху автомобільного транспорту, оцінку обсягу викидів

оксидів азоту, оцінку рівня вмісту оксидів азоту в атмосферному повітрі. Вимірювання показали, що середні концентрації оксидів азоту в місцях інтенсивного антропогенного навантаження - перехресть магістральних вулиць в десятки разів перевищують величини гранично-допустимі концентрації. Поблизу магістралей і перехресть максимальні концентрації забруднюючих речовин формуються при слабких швидкостях та напрямках вітру під кутом близьким до 45° до магістралей.

На підставі проведених розрахунків отримана модель забруднення оксидами азоту магістральних територій міста - залежність концентрації оксидів азоту від інтенсивності транспортних засобів, яка може бути критерієм зонування території міста за ступенем забруднення атмосферного повітря.

Список джерел

1. Keuken, M. P., Moerman, M., Voogt, M., Blom, M., Weijers, E. P., Rockmann, T., & Dusek, U. (2013). Source contributions to PM_{2.5} and PM₁₀ at an urban background and a street location. *Atmospheric Environment*, 71, 26–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.032>

2. Oliveri Conti, G., Heibati, B., Kloog, I., Fiore, M., & Ferrante, M. (2017). A review of AirQ Models and their applications for forecasting the air pollution health outcomes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 6426–6445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8180-1>

3. Tatarchenko Halyna (2021) Analysis of urban air pollution / Monographic series «European Science», Science for modern man, Book 4. Part 4. chapter 20.-P 188-195. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-066.

4. Архіпова Г. І., Ткачук І. С., Глушков Є. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах // Вісник Національного авіаційного університету. 2009. № 1. С. 78-83. DOI: 10.18372/2306-1472.38.1667.

5. Класифікація транспортних засобів/ Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM012231.html.

6. Concentrations of Traffic Related Pollutants in the Vicinity of Different Types of Urban Crossroads February 2019 *Komunikacie* 21(1):49-Air pollution levels near crossroads with different traffic density and the estimation of health risk 58 DOI: 10.26552/com.C.2019.1.49-58.

7. Air pollution levels near crossroads with different traffic density and the estimation of health risk Ranka Godec, Ivana Jakovljević, Silvije Davila, Krešimir Šega, Ivan Bešlić, Jasmina Rinkovec, Gordana Pehnec *Environ Geochem Health* 2021 Mar 24. doi: 10.1007/s10653-021-00879-1.

8. Татарченко Г.О. (20121) Аналіз забруднення оксидами азоту повітряного простору території Києва // Науково-технічний збірник "Містобудування та територіальне планування" Випуск №77- Київ: Вид-во КНУБА, 2021 С.441-451.

9. Vachon, G. Experimental investigation of pollutant dispersion within a street in low wind conditions, the experiment Nantes'99 / G. Vachon, J.-M. Rosant, P. Mestayer, P. Louka, J.-F Sini., D. Delaunay, M.-J. Antoine, F. Ducroz, J. Garreau, R. Griffiths, C Jones, Y. Lorin, F. Molle, J.-P. Peneau, Y. Tetard, M. Violleau // Proc. 9* International Scientific Symposium Transport and Air Pollution. Avignon. 5-8 June 2000. - France, 2000. - 10 p.

10. Vachon, G. Pollutant dispersion in an urban street canyon in Nantes: experimental study / G. Vachon, J.-M. Rosant, P. Mestayer, P. Louka, J.-F. Sini // Proc. Eurotrac2 Symposium 2000, Garmisch-Partekirchen, Germany, 27-30 March 2000.

11. Осетрін М.М., Беспалов Д.О., Дорош М.І. Основні принципи транспортного моделювання / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2015. – Вип. 57. – с. 309-320.

12. Тарасюк В.П. Методика визначення транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху / В.П. Тарасюк // Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2016. – Вип. 8. – С. 373-381.

13. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України №452 від 13.11.2008.

14. ДСТУ UN/ECE R 24-03, ДСТУ UN/ECE R83-02ABC, ДСТУ UN/ECE R 83-03. Режим доступу: <http://online.budstandart.com>.

д.т.н., професор **Татарченко Г.О.**,
Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,
д. арх., професор **Демин Н.М.**, к.т.н. **Тарасюк В.П.**,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

МОДЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКСИДАМИ АЗОТА ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА

Для управления качеством атмосферного воздуха в городе большое значение имеет изучение формирования экстремально высокого загрязнения атмосферы. Определить вклад автотранспортных источников выбросов

позволяет предварительная оценка загрязнения атмосферного воздуха, с помощью которой можно смоделировать конкретную ситуацию и дать прогнозные оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха также определить пути улучшения экологических характеристик автотранспортных средств, развития улично-дорожной сети городов и др. факторов Одним из инструментов стратегического транспортного планирования, позволяет осуществлять обоснования и принятия эффективных и ответственных проектных решений в сфере транспорта и инфраструктуры является транспортная модель города.

Проведен анализ данных об имеющихся источниках загрязнения атмосферного воздуха на территории магистралей и магистральных территориях: оценка интенсивности движения автомобильного транспорта, оценка выбросов количества выбросов оксидов азота, оценка уровня содержания оксидов азота в атмосферном воздухе. Измерения показали, что средние концентрации оксидов азота в местах интенсивного антропогенного нагрузки - перекресток магистральных дорог в десятки раз превышают величины предельно допустимые концентрации. Вблизи магистралей и перекрестков максимальные концентрации загрязняющих веществ формируются при слабых скоростях ветра при направлениях ветра под углом близким к 45° к магистралям.

На основании проведенных расчетов получена модель загрязнения оксидами азота магистральных территорий города - зависимость концентрации оксидов азота от интенсивности транспортных средств, которая может быть критерием зонирования территории города по степени загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: территория; воздушное пространство; город; экология городов; загрязнения; модель.

Doctor of Technical Sciences, Professor **Tatarchenko Halyna**,
Head of the Department of Construction, Urbanism and Spatial Planning,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Doctor of Architecture, Professor **Demin Nicolay**,
Ph.D. **Tarasiuk Volodymyr**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

MODEL OF NITROGEN OXIDE POLLUTION OF THE CITY MAINS

To manage the quality of atmospheric air in the city, it is of great importance to study the formation of extremely high atmospheric pollution. The preliminary

assessment of atmospheric air pollution allows to determine the contribution of road transport emission sources, with the help of which it is possible to simulate a specific situation and to give predictive assessments of the state of atmospheric air pollution, as well as to determine the ways to improve the environmental characteristics of road transport, develop the city road network and other factors. The transport model of the city is one of the tools for strategic transport planning that allows for the justification and adoption of effective and responsible design decisions in the field of transport and infrastructure.

The following data analysis on the available sources of atmospheric air pollution of the city mains has been performed: an assessment of the road transport intensity, an assessment of the amount of nitrogen oxides emissions, an assessment of the level of nitrogen oxides in the atmospheric air. Measurements have shown that the average concentrations of nitrogen oxides in places of intense anthropogenic load – the crossroads of city mains – are dozens of times higher than the maximum permissible concentration. Nearby the city mains and crossroads, the maximum concentrations of pollutants are formed at low wind speeds with wind directions at an angle close to 45° to the main areas.

On the basis of the calculations, the following model of nitrogen oxide pollution of the city mains was obtained – the dependence of the concentration of nitrogen oxides on the road transport intensity can be a criterion for zoning the city territory according to the degree of atmospheric air pollution.

Key words: territory; air space; town; ecology of cities; pollution; model.

REFERENCES

1. Keuken, M. P., Moerman, M., Voogt, M., Blom, M., Weijers, E. P., Rockmann, T., & Dusek, U. (2013). Source contributions to PM_{2.5} and PM₁₀ at an urban background and a street location. *Atmospheric Environment*, 71, 26–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.032>. (in Netherlands).
2. Oliveri Conti, G., Heibati, B., Kloog, I., Fiore, M., & Ferrante, M. (2017). A review of AirQ Models and their applications for forecasting the air pollution health outcomes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 6426–6445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8180-1>
3. Tatarchenko Halyna (2021) Analysis of urban air pollution / Monographic series «European Science», Science for modern man, Book 4. Part 4. chapter 20.-P 188-195. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-066. (in Germany).
4. Arhipova G. I., Tkachuk I. S., Glushkov Ye. I. Analiz vplivu vidpracovanih avtomobilnih gaziv na stan atmosfernogo povitrya v gustonaselenih rajonah // Visnik Nacionalnogo aviacijnogo universitetu. 2009. № 1. S. 78-83. DOI: 10.18372/2306-1472.38.1667. (in Ukrainian).

5. Klasifikaciya transportnih zasobiv/ Rezhim dostupu: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM012231.html.

6. Concentrations of Traffic Related Pollutants in the Vicinity of Different Types of Urban Crossroads February 2019 *Komunikacie* 21(1):49-Air pollution levels near crossroads with different traffic density and the estimation of health risk 58 DOI: 10.26552/com.C.2019.1.49-58.

7. Air pollution levels near crossroads with different traffic density and the estimation of health risk Ranka Godec, Ivana Jakovljević, Silvije Davila, Krešimir Šega, Ivan Bešlić, Jasmina Rinkovec, Gordana Pehneć *Environ Geochem Health* 2021 Mar 24. doi: 10.1007/s10653-021-00879-1.

8. Tatarchenko G.O. (20121) Analiz zabrudnennya oksidami azotu povitryanogo prostoru teritoriyi Kiyeva // *Naukovo-tehnicnij zbirnik "Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya" Vipusk №77- Kiyiv: Vid-vo KNUBA, 2021 S.441-451. (in Ukrainian).*

9. Vachon, G. (2000) Experimental investigation of pollutant dispersion within a street in low wind conditions, the experiment Nantes'99 / G. Vachon, J.-M. Rosant, P. Mestayer, P. Louka, J.-F. Sini., D. Delaunay, M.-J. Antoine, F. Ducroz, J. Garreau, R. Griffiths, C Jones, Y. Lorin, F. Molle, J.-P. Peneau, Y. Tetard, M. Violleau // *Proc. 9* International Scientific Symposium Transport and Air Pollution. Avignon. 5-8 June 2000. - 10 p. (in France)*

10. Vachon, G. (2000). Pollutant dispersion in an urban street canyon in Nantes: experimental study / G. Vachon, J.-M. Rosant, P. Mestayer, P. Louka, J.-F. Sini // *Proc. Eurotrac2 Symposium 2000, Garmisch-Partekirchen, 27-30. (in Germany).*

11. Osyetrin M.M., Bepalov D.O., Dorosh M.I. Osnovni principi transportnogo modelyuvannya / *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya: Nauk.-tehn. zbirnik / Vidpov. red. M.M. Osyetrin. – K., KNUBA, 2015. – Vip. 57. – s. 309-320. (in Ukrainian)*

12. Tarasyuk V.P. Metodika viznachennya transportnih energovitrat v mezhah peretiv z primusovim regulyuvannyam ruhu / V.P. Tarasyuk // *Energoefektivnist v budivnictvi ta arhitekturi: nauk.-tehn. zbirnik. – K., KNUBA, 2016. – Vip. 8. – S. 373-381. (in Ukrainian)*

13. Metodika rozrahunku vikidiv zabrudnyuyuchih rechovin ta parnikovih gaziv u povitrya vid transportnih zasobiv. Nakaz Derzhavnogo komitetu statistiki Ukrayini №452 vid 13.11.2008. (in Ukrainian)

14. DSTU UN/ECE R 24-03, DSTU UN/ESE R83-02ABC, DSTU UN/ESE R 83-03. Rezhim dostupu: <http://online.budstandart.com>.