

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 504.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ВІТРОВОГО ПОТОКУ
НА ПРОЦЕС РОЗСІЮВАННЯ ШКІДЛИВИХ ДОМІШОК

Кандидат технічних наук Бакуліч О.О.,
Гребельник Ю.М.

Проаналізовано особливості механізму розсіювання шкідливих домішок від транспортних потоків та визначення рівня їх концентрацій. Розглянуто інтенсивність руху транспортного потоку як фактору впливу на швидкість переміщення повітряних мас. Розроблено методіку для емпіричного дослідження даної проблеми.

The features of mechanism of dispersion of harmful matters from transport streams and their influence are analysed on the level of concentration of admixtures. Motion of a transport stream is considered as to the factor of influence on speed of moving of currents of air. A method is developed for empiric research of this problem.

Постановка проблеми. Проблема забруднення повітря викидами транспортних потоків залишається надзвичайно актуальною протягом вже достатньо довгого часу. Найбільш негативні наслідки забруднення від транспортних потоків спостерігаються для територій, що знаходяться поблизу основних автомагістралей. Рівень концентрації забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від транспортних потоків, масштаб переносу та ступінь їх трансформації залежать від двох груп факторів: техногенних та природно-кліматичних.

Серед техногенних факторів слід відзначити такі: інтенсивність і об'єм викиду шкідливих речовин, площа території, на якій здійснюється забруднення, рівень техногенного освоєння території.

До другої групи факторів належать циркуляційний режим, термічний режим атмосфери, швидкість вітру, повторюваність вітрових потоків та ін. Вказані групи факторів можуть бути використані в ідеалі на відкритих неселітебних територіях.

Але в умовах міста на розсіювання домішок значно впливають такі чинники, як: планування вулиць, їх ширина, напрямок руху транспортного потоку, висота будівель, зелених масивів і водні об'єкти, які створюють різні форми наземних перепон повітряному потоку. Крім того, ці чинники призводять до виникнення особливих метеорологічних умов у місті.

Зазначені питання постійно вивчаються, аналізуються як з теоретичної, так і з практичної точок зору. Накопичується певний науковий досвід. Однак зростання рівня забруднення повітря в містах, зокрема в м. Києві, що виявляється у значному перевищенні гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин, вимагає не лише продовження роботи у цих напрямках, а й пошуку альтернативних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати дослідження проблеми рівнів концентрації шкідливих домішок та особливостей їх розсіювання в повітрі поблизу магістралей населених пунктів України в цілому та м. Києва зокрема викладені у значній кількості наукових робіт як теоретичного, так і практичного спрямування. В роботах [1, 2, 3] представлені результати досліджень і виявлені залежності середніх концентрацій шкідливих речовин від інтенсивності транспортного потоку та тривалості найбільш характерних режимів їх роботи. В роботі [4] розглянута методика вимірювання параметрів стану середовища (концентрації шкідливих речовин) на примігистральній території на відстані від дороги при врахуванні напрямку вітру і характеристик транспортного потоку в різні години доби та різні пори року.

Моделі турбулентного переносу забруднюючих домішок приведені в роботах А.Е. Алояна [6], І.В. Белова [7], І.Е. Наац [8], М.Е. Берлянда [9]. У цих численних роботах описуються різні моделі турбулентності, які розв'язуються за допомогою системи диференціальних рівнянь. Однак побудовані зазначеними дослідниками моделі мають загальний характер і потребують уточнення стосовно до конкретних умов.

Крім того виникає необхідність апробації даних моделей на основі існуючих даних екологічних та метеорологічних спостережень в м. Києві.

В результаті аналізу наукових робіт виявлено, що в них мало уваги приділяється особливостям метеорологічних чинників, зокрема швидкості повітряних мас, які виникають в результаті руху транспортних потоків, що впливають на перенесення та розсіювання домішок у повітрі приміагістральних територій міста.

Метою статті є розробка методики дослідження розсіювання шкідливих домішок в повітряному середовищі в залежності від швидкості переміщення повітряних потоків і факторів (зокрема інтенсивності руху транспорту), які на неї впливають (на прикладі м. Києва) для подальшого урахування цих чинників при моделюванні розповсюдження домішок відпрацьованих газів транспортного потоку.

Основна частина. Перед початком практичного вивчення проблеми дуже важливо обрати потрібні методи та засоби, сукупність яких і складає методику дослідження.

У науковому дослідженні виділяють два рівні: емпіричний, на якому йде процес накопичення фактів, і теоретичний, на якому досягається синтез знання [5]. Для повноти та довершеності дослідження слід проводити його на обох рівнях в логічній послідовності.

Дана робота висвітлює планування дослідження на емпіричному рівні.

Серед методів емпіричного дослідження обрано: спостереження та вимір. Для забезпечення плідності методу спостереження встановлено ряд вимог:

— спостереження буде проводитись для конкретно поставлених задач, а саме: виявлення особливостей екологічного стану атмосферного повітря біля магістралей в місті Києві; визначення впливу руху транспортних потоків на збільшення швидкості повітряних мас біля магістралей;

— спостереження будуть проводитись за планом, складеним виходячи з задач спостереження;

— систематичність спостереження (буде вестися по визначеній системі).

Вимірювання виникають у тому разі, коли властивість, що спостерігається, порівнюється в кількісному відношенні з деяким еталоном.

Вимірювання здійснюється за таким рівнянням:

$$Q = q \times [Q], \quad (1)$$

де Q – вимірювана величина; $[Q]$ – одиниця її виміру; q – числове значення вимірюваної величини в прийнятній одиниці вимірювання [6].

Дана методика розрахована на вимірювання концентрації забруднюючих речовин у повітрі міста Києва ($K=q \times [мг/мі]$) та швидкості переміщення повітряних мас біля магістралей в місті ($V=q \times [м/с]$).

Для вивчення особливостей забруднення повітря викидами транспортних потоків складено план спостережень, в результаті яких визначаються:

— максимальні значення концентрацій основних домішок, які викидаються транспортними потоками біля магістралей, і рівні їх досягнення при різних умовах і інтенсивності руху транспорту;

— межі зон і характер розподілу домішок по мірі віддаленості від магістралей;

— особливості розповсюдження домішок у житлових кварталах різного типу забудовлі й у зелених зонах, які примикають до магістралей.

Задача ставиться та вирішується для приміагістральної території з прилеглою житловою забудовою, де оцінку стану забруднення атмосферного повітря коректно проводити на основі визначення у повітрі вмісту основних компонентів відпрацьованих газів (оксид вуглецю, оксид азоту, оксид сірки).

Спостереження доцільно проводити три рази на день (в години пік – вранці, увечері; та опівдні) протягом одного тижня кожної пори року. У нічний час – один раз на тиждень кожної пори року. Це надасть можливість охопити весь спектр коливання рівнів концентрацій токсичних компонентів.

Точки спостереження обираються на вулицях міста у районах з інтенсивним рухом транспортних потоків й розташовуються на різних ділянках вулиць у місцях, де часто проводяться гальмування автомобілів й викидається найбільша кількість домішок. Окрім того, з метою подальшого порівняння та аналізу обираються пункти на ділянках дороги, де швидкість транспортних потоків максимальна. Також пости організуються у місцях накопичення шкідливих домішок за рахунок слабкого розсіювання (на вузьких ділянках вулиць з багатоповерховими будівлями), а також у зонах перехрещення двох або більше вулиць з інтенсивним рухом транспорту.

Місця для розташування приладів обрані на тротуарах, на середині розділової смуги у разі її наявності й за межами тротуару – на відстані половини ширини проїжджої частини одnobічного руху. Для визначення характеру розподілу домішок по мірі віддаленості від магістралей відбір проб слід здійснювати через кожні 10 м. Але при цьому пункт, найбільш віддалений від магістралі, повинен розташовуватися не менш ніж у 0,5 м від стіни будівлі.

Для визначення концентрацій шкідливих домішок в повітрі на приміагістральній території використовуються різні методи оцінки.

При відборі проб домішок та аналізі слід дотримуватися таких вимог:

- всі складові системи відбору повинні бути інертними по відношенню до досліджуваного компонента;
- температура системи відбору проб повинна підтримуватись на рівні, що виключає конденсацію парів або взаємодію компонентів досліджуваної газової суміші один з одним;
- об'єм проби повинен бути точно вимірним і достатнім для забезпечення точності.

Вимірювання швидкості переміщення повітряних потоків біля магістралей в місті має свої особливості. Швидкість вітру сприяє переносу й розсіюванню домішок, оскільки з підсиленням вітру зростає інтенсивність перемішування повітряних шарів. У разі сильного вітру початкове підймання домішки зменшується, але спостерігається зростання швидкості переносу домішки на значну відстань.

Процес поширення транспортних забруднень в атмосфері відбувається за законом, який описує для деякої точки біля поверхні землі зміну градієнта концентрації домішки в часі та просторі з урахуванням турбулентної дифузії повітряних мас [4].

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial(D_x \frac{\partial c}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(D_y \frac{\partial c}{\partial y})}{\partial y} + \frac{\partial(D_z \frac{\partial c}{\partial z})}{\partial z}, \quad (2)$$

де $D_{x,y,z}$ – коефіцієнти турбулентної дифузії в напрямку x , y , z .

Нестійкість напрямку вітру сприяє підсиленню розсіювання по горизонталі, а концентрації біля землі зменшуються.

При дослідженні особливостей розрахунку коефіцієнтів дифузії необхідно зазначити, що розсіювання атмосферних забруднювачів пов'язане з двома основними характеристиками атмосферної циркуляції: вітровим перенесенням і атмосферною турбулентністю. Коефіцієнти турбулентної дифузії, що входять в рівняння дифузії, є важливими параметрами атмосфери, які на відміну від коефіцієнтів молекулярної дифузії залежать від масштабу досліджуваного явища.

До горизонтального переносу повітря приєднуються і вертикальні складові. Вони зазвичай малі в порівнянні з горизонтальним переносом, та складають сантиметри або десятки частки сантиметра в секунду. Тільки в особливих умовах, при конвекції, на невеликих ділянках атмосфери вертикальні складові швидкості руху повітря можуть досягати декількох метрів на секунду. Зважаючи на те, що вітровий потік завжди є турбулентним, окрема кількість повітря в потоці вітру переміщується не рівнобіжно. Завдяки цьому у повітрі виникають численні вихори, що хаотично рухаються, і струмені різних розмірів. Окрема кількість повітря, що захоплюється цими вихорами і струменями, так звані елементи турбулентності, рухається в усіх напрямках, у тому числі і перпендикулярно до загального або середнього напрямку

вітру і навіть проти нього. Ці елементи турбулентності охоплюють великі об'єми повітря, лінійні розміри яких вимірюються сантиметрами, метрами, десятками метрів. Таким чином, на загальний перенос повітря у визначеному напрямку і з визначеною швидкістю накладається система хаотичних, безладних рухів окремих елементів турбулентності за складними траєкторіями, що переплітаються.

В даному випадку поставлена задача вимірювати швидкості повітряних мас, що рухаються перпендикулярно до магістралей міста. Вказані повітряні маси в потоці вітру переміщуються не по рівнобіжних шляхах, тому можна зробити висновок, що це явище викликане рухом транспорту. Щоб з'ясувати це питання, потрібно визначити величину зони, на якій відчувається цей вплив як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямку. Крім того, важливою умовою є значення метеорологічних параметрів.

Спостереження будуть коректними, якщо їх проводити в тих самих точках, що й у попередньому випадку. По мірі віддаленості від магістралей вимірювання швидкості вітру необхідно здійснювати через кожні 5 метрів до точки, де швидкість буде стабільно мінімальною. По вертикалі заміри швидкості потоків повітря мають робитися на рівні 0,5, 1 та 1,5 м від поверхні землі. Зазначені виміри можна отримати за допомогою цифрового переносного анемометра. До цифрового вимірювального приладу додається первинний вимірювальний перетворювач з діапазоном вимірювання швидкості повітряного потоку 0,3...5 та 1...20 м/с відповідно.

Висновки та перспективи досліджень. Подальше дослідження передбачає більш точно розглянути як змінюється з висотою швидкість вітру, а отже відповідно і коефіцієнт турбулентності, у вітрових та невітрових зонах житлової забудови. Провести розрахунок концентрації токсичних компонентів відпрацьованих газів транспортного потоку з врахуванням структури вітрового потоку в зоні міської забудови. Аналіз отриманих даних може слугувати для дослідження закономірностей впливу інтенсивності транспортного потоку на збільшення швидкості турбулентних вітрових потоків.

Література

1. Данилко В.К. В.К. Забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом: підходи до статистичного визначення // Статистика України. – 2003. – №4. – С. 9-11.
2. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посібник / За ред. Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалова та ін. – К.: Основа, 2002. – 311 с.
3. Иванов В.Н., Стерчевус В.К. Экология и автомобилизация. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1990. – 126 с.
4. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
5. Соловйов С.М. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 176 с.
6. Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. – Москва: ИВМ РАН, 2002. – 200 с.
7. Белов И.В., Беспалов М.С., Клочкова Л.В., Кулешов А.А., и др. Транспортная модель распространения газообразных примесей в атмосфере города // Математическое моделирование. – 2000. – Т.12. – №11. – С. 38-46.
8. Наац И.Э., Наац В.И., Рыскаленко Р.А. Параметризованные модели теории переноса в задачах экологического мониторинга атмосферы и принцип минимакса // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2009. – № 4. – С. 46-50.
9. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 448 с.