Фоменко Г.Р.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ

У статті розглянуто питання впливу транспортних потоків на погіршення стану навколишнього середовища в містах. Зростання обсягів автотранспортних перевезень обумовлено потребами економічного розвитку країн. Підвищення інтенсивності руху транспортних потоків у містах значно погіршує стан навколишнього середовища територій, прилеглих до магістральних вулиць міст. Особливості формування руху транспортних потоків у містах залежать від чинних планувальних схем. Не менш важливим є розміщення функціональних зон і структура вулично-дорожньої мережі. На кількість викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище значно впливає склад транспортних потоків, досконалість конструкцій автомобілів, їхній технічний стан, а також вид палива й особливо його якість.

Рух транспортних потоків супроводжується великою кількістю викидів токсичних речовин. Забудова міських територій має багато особливостей, пов'язаних із вулично-дорожньою мережею. Різноманітна міська забудова впливає на процес розсіювання забруднюючих речовин від автотранспортних потоків. Параметри вулиць у межах «червоних ліній», особливості розміщення будівель, а також їхня висота й довжина, ширина відстаней між ними визначають умови обтікання повітряними потоками та ступінь розсіювання вихлопних газів. Суттєво впливає на розподіл повітряних потоків аерація вулиць. Міські вулиці – це неорганізоване джерело викидів відпрацьованих газів автомобілів. За відповідних метеорологічних умов на магістральних вулицях концентрація шкідливих сполук у повітрі збільшується й може сягати небезпечних показників.

Рівень забруднення повітряного середовища в районах міських магістральних вулиць і прилеглих до них територій залежить від інтенсивності руху та складу транспортних потоків, ширини й рельєфу вулиць, швидкості вітру, вологості та інших чинників. Міські вулиці є одним з основних джерел забруднення приміжмагістральних територій. Шкідливі речовини, які містяться у відпрацьованих газах транспортних засобів, негативно впливають на людину й можуть бути причиною виникнення й розвитку значної кількості захворювань. Найбільші концентрації забруднюючих речовин виділяються за холостого режиму роботи автотранспорту й короточасних зупинок.

Дослідження рівня забруднення викидами від транспортних потоків були проведені на ділянках магістральних вулиць Московський проспект, вулиця Полтавський шлях, на перетині вулиці Академіка Павлова й Салтівське шосе в місті Харкові. Виконані натурні дослідження складу транспортних потоків, інтенсивності та швидкості руху. Визначено рівні забруднення викидами оксиду вуглецю експериментальним і розрахунковим методами. Проведено порівняльний аналіз результатів досліджень, які дали змогу встановити значне перевищення показників гранично допустимої концентрації (далі – ГДК) (максимально разової) оксиду вуглецю на досліджених ділянках.

Ключові слова: транспортний потік, шкідливі викиди, рівень забруднення, магістральні вулиці, повітряне середовище.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку суспільства супроводжується постійним зростанням кількості транспортних засобів. Збільшення рівня автомобілізації сприяє економічному розвитку країн, але негативним наслідком цього процесу є значне погіршення стану навколишнього середовища. На жаль, людство не може існувати без автомобільного транспорту, який є одним з основних видів транспортних засобів і, безумовно, частиною побуту людей. Збільшення кількості автомобілів на вулицях міст призводить до утворення заторів, неефективної витрати паль-

ного, збільшення шкідливих викидів із вихлопними газами, зростання шуму. Найвищий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається в містах. Концентрація шкідливих речовин у повітрі внаслідок викидів від автотранспорту в багатьох містах світу перевищує їхні гранично допустимі концентрації, і наша країна не є винятком. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище – це одна з актуальних проблем, яка потребує невідкладного вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На території міст важливим структурним елементом

є вулично-дорожня мережа. Формування руху транспортних потоків у містах визначається особливостями планувальних схем і функціональної структури [1; 2; 3; 4]. У процесі руху транспортних потоків магістралями й вулицями міста рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу залежить від комплексу факторів, серед яких:

- склад транспортного потоку, технічний стан і ступінь зносу транспортних засобів;
- інтенсивність руху й щільність потоків;
- швидкість руху;
- пропускна здатність;
- наявність ділянок розгону й гальмування;
- стан дорожніх покриттів;
- особливості зміни рельєфу місцевості.

Значно впливає на кількість шкідливих викидів склад автотранспорту, досконалість конструкції автомобілів, їхній технічний стан і, безумовно, якість і вид палива, яке використовується [2; 5; 6]. Під час руху транспортних потоків в атмосферу надходить значна кількість токсичних речовин. В умовах міської забудови розсіювання забруднюючих речовин ускладнюється. Ширина вулиць у межах «червоних ліній», особливості забудови, такі як висота й довжина будівель, ширина відстаней між ними, визначають умови обтікання їх повітряними потоками та ступінь розсіювання вихлопних газів. Істотно впливає на розподіл повітряних потоків аерація вулиць [7; 8; 9]. Загалом кожна міська вулиця – це неорганізоване джерело викидів відпрацьованих газів автомобілів. За відповідних метеорологічних умов на магістральних вулицях концентрація шкідливих сполук у повітрі значно збільшується й може досягати небезпечних показників. Забруднення природного середовища густонаселених міських територій чинить негативний вплив на здоров'я людей [10; 11; 12].

Постановка завдання. Метою наукової статті є оцінка впливу транспортних потоків і рівня забруднення навколишнього середовища на магістральних вулицях міста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зі зростанням інтенсивності руху автотранспорту в містах утворюються широкі зони порушення санітарно-гігієнічних вимог до якості навколишнього середовища. Небезпечність викидів автотранспорту полягає в таких чинниках:

- викид шкідливих речовин відбувається безпосередньо в приземний шар на рівні дихання людей;
- викиди мають місце на територіях з великою щільністю постійного проживання й тимчасового перебування людей;

– відпрацьовані гази автотранспорту являють собою багатокомпонентну суміш.

У повітряне середовище з викидами надходить понад двісті хімічних сполук, наприклад оксиди вуглецю (CO) (далі – CO), оксиди азоту (NO і NO₂), вуглеводні (C_nH_m), діоксид сірки (SO₂), а також канцерогенні речовини – сажа, альдегіди, бенз(а)пірен. Відпрацьовані гази автомобілів за впливом на організм людини підрозділяються на токсичні (оксид вуглецю, оксид азоту, оксиди сірки, вуглеводні, альдегіди, свинцеві сполуки), канцерогенні (бенз(а)пірен, трихлорметан, дихлорметан, бензол, формальдегід) і подразнювальної дії (оксиди сірки, вуглеводні) [2; 7]. Ступінь впливу цих компонентів на організм людини визначається концентрацією їх у повітрі, а також тривалістю дії. Необхідно зазначити, що найбільша концентрація забруднюючих речовин утворюється за роботи автотранспорту на холостому ходу, а також під час короткочасних зупинок [1; 9; 10]. Міські магістралі – це найбільш стабільні структурні складові частини міського планування, вони значно впливають на функції прилеглих до них територій і є одним з основних джерел забруднення приміагістральних територій, сполучною ланкою з центральною частиною міста, а також з вулицями загальноміського значення. Забруднення повітряного середовища в районах міських магістралей і прилеглих територій залежить від інтенсивності руху автомобілів, ширини й рельєфу вулиці, швидкості вітру, складу транспортних потоків й інших факторів. Але якими б не були ці фактори, забруднення повітря в межах міста є постійно й воно негативно впливає на кожного мешканця міста [11; 12; 13].

Дослідження рівня забруднення викидами від транспортних потоків було проведено на ділянках магістральних вулиць Московський проспект, вулиця Полтавський шлях і на перетині вулиці Академіка Павлова й Салтівське шосе у місті Харкові. Вулиця Московський проспект починається в центрі міста й має протяжність понад 18 км. Вулиця Полтавський шлях також починається в центрі міста, а завершується на перетині з автомобільними дорогами М-03 й Е-40 у напрямку Полтави та Києва. Протяжність вулиці Полтавський шлях становить 7,65 км. На магістральних вулицях, що прийняті для досліджень, виділено ділянки, які розділено на три частини. Кожна з ділянок має свої особливості.

Формування транспортних потоків на магістральних вулицях обумовлено злиттям потоків, які примикають із міжнародних трас, шляхів паса-

жирських перевезень районного й міжміського значення. У напрямку центральної частини міста значно зростає щільність транспортних потоків. Крім автотранспортних потоків, на магістральних вулицях розміщені колії електротранспорту, які впливають на організацію руху. Ділянки, які прийняті для досліджень по вулиці Московський проспект, розташовані в частині, що наближена до центру міста. На вулиці Полтавський шлях ділянки розміщені в зоні в'їзду в місто, а саме кінцевої станції метро й залізничного вокзалу.

Для визначення викидів забруднюючих речовин від транспортних потоків було виконано натурні обстеження потоків на певних ділянках магістральних вулиць міста. Дослідження складу транспортних потоків й інтенсивності руху проведено в робочі й вихідні дні в години пік. Аналіз складу й інтенсивності руху автотранспорту досліджуваними міськими магістралями показав, що основний внесок у сумарну інтенсивність руху роблять легкові автомобілі (70–75 %); внесок вантажного транспорту становить 20–24 %, а пасажирського – 5–6 % в робочі дні тижня.

У вихідні дні зростає частка легкового транспорту (85–90 %), вантажного знижується до 5–9 %, а пасажирського залишається в тих самих межах (5–6 %). Показники швидкості змінюються на різних ділянках у межах 20–58 км/год у робочі дні, а у вихідні дні швидкість становить 37–60 км/год.

Забруднюючою речовиною від автомобільного транспорту, яка переважає в повітрі, є оксиди вуглецю (СО). Зміна показників швидкості транспортних потоків на ділянках перегонів, перехресть супроводжується викидами шкідливих речовин. На перехрестях, за роботи двигуна на холостому ходу, гальмування, концентрація СО може зростати у 2–4 рази. Внаслідок несприятливих умов руху в центральній частині міста спостерігається значне збільшення кількості викидів шкідливих речовин. На ділянках із щільною висотною забудовою й недостатньою аерацією території середня тривалість присутності СО в повітряному середовищі може бути місяць і більше.

Таблиця 1

Показники інтенсивності руху й кількості викидів СО на ділянках вулиці Московський проспект

Ділянка спостережень	Інтенсивність руху транспортного потоку, авт./год		Розрахунковий рівень забруднення СО, мг/м ³	Рівень викидів СО, мг/м ³ за результатами вимірів	Перевищення ГДК _{МР} за СО
	прямий	зворотний			
Велозаводський міст – пров. Конюшинний	2422	2662	13,9	15,3	<u>2,8</u> 3,1
вул. Юрївська – пл. захисників України	1447	1328	9,1	8,5	<u>1,8</u> 1,7
пл. Небесної Сотні – вул. Б. Хмельницького	992	1042	12,8	13,6	<u>2,6</u> 2,7
вул. Академіка Павлова – вул. Салтівське шосе	1589	1693	15,0	14,8	<u>3,0</u> 2,9

Таблиця 2

Показники інтенсивності руху й кількості викидів СО на ділянках вулиці Полтавський шлях

Ділянка спостережень	Інтенсивність руху транспортного потоку, авт./год		Розрахунковий рівень забруднення СО, мг/м ³	Рівень викидів СО (мг/м ³) за результатами вимірів	Перевищення ГДК _{МР} за СО
	прямий	зворотний			
вул. Полтавський шлях – вул. Холодногірська – вул. Дудинської	2035	1866	16,0	15,1	<u>3,2</u> 3,0
вул. Полтавський шлях – вул. Петра Болбочана	1669	1483	13,9	14,6	<u>2,8</u> 2,9
вул. Полтавський шлях – вул. Євгена Котляра	1877	1608	19,9	19,5	<u>4,0</u> 3,9

Для проведення замірів рівнів забруднення викидами СО було використано точки на досліджуваних ділянках, де визначалися показники інтенсивності руху транспортних потоків. Для досліджень застосовано метод із використанням газовизначальника ГХ-4. Заміри викидів проводилися в осінній період в робочі дні тижня в години пік. Погодні умови під час дослідів відрізнялися незначно: температура повітря становила $t = 16-18^{\circ}\text{C}$; вологість змінювалася в межах $W = 55-62\%$; швидкість вітру $V = 6-8 \text{ м/с}$; атмосферний тиск $p = 745-750 \text{ мм рт. ст.}$ Концентрація викидів СО визначалася в приземному шарі в зоні бордюру. Гранично допустима концентрація СО в атмосфері населених міст становить 5 мг/м^3 . На прийнятих для досліджень ділянках також виконані розрахунки рівнів забруднення викидами СО за методикою, розробленою у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) доцентом А.Л. Шаповаловим. У розрахунках було враховано комплекс показників, як-от інтенсивність і швидкість руху транспортних потоків; вологість повітря; швидкість вітру; рельєф ділянок; щільність забудови й озеленення; аерація; поздовжній ухил. За результатами розрахунків побудовані лінійні графіки.

Результати, отримані під час замірів і розрахунків щодо кількості забруднюючих викидів СО, представлені в таблицях 1, 2.

Порівняльний аналіз результатів досліджень свідчить, що на всіх ділянках магістральних вулиць має місце перевищення показників гранично допустимих концентрацій СО. Необхідно відзначити, що результати рівнів забруднення, отримані за розрахунками й показниками замірів на визначених ділянках, мають незначні відхилення. Під час розгляду лінійних графіків для

дослідних ділянок можна помітити зміну рівнів забруднення СО, що обумовлено зміною геометричних параметрів на ділянках досліджуваних вулиць, розміщенням перехресть, зеленими зонами скверів, а також наявністю припаркованих автомобілів. Зміни рівнів забруднення значною мірою залежать від складу транспортного потоку й транспортної розв'язки. На ділянках вулиці Московський проспект перевищення ГДК_{мр} становить 1,8–3,0 рази. Найбільший показник перевищення ГДК_{мр} викидів СО (у 4 рази) спостерігається на перехресті вулиць Полтавський шлях і Євгена Котляра. Це обумовлено ускладненням умов руху на перехресті, під'їздом до території залізничного вокзалу й утворенням заторових ситуацій.

Висновки. Зниження рівня забруднення викидами від автомобільного транспорту є однією з важливих проблем поліпшення навколишнього середовища в містах. Кількість шкідливих речовин, яка надходить в атмосферу у складі відпрацьованих газів, залежать від технічного стану автотранспортного засобу та його двигуна. Зниження токсичності вихлопних газів двигуна можна досягти підвищенням якості палива, очищенням відпрацьованих газів, удосконаленням елементів конструкцій автомобіля. Використання систем електроніки на автомобілях сприятиме зниженню у 1,5–2,0 рази токсичності відпрацьованих газів. Ефективним може бути використання палива з поліпшеними екологічними характеристиками, а також удосконалення систем експлуатації й екологічного контролю автомобілів. Необхідно підвищити вимоги до технічного контролю автомобілів, переводити транспортні засоби на використання альтернативних джерел енергії, вводити в експлуатацію гібридні автомобілі й електромобілі.

Список літератури:

1. Каніло П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. Автомобіль та навколишнє середовище : навчальний посібник. Харків : Прапор, 2000. 304 с.
2. Павлова Е.И. Экология транспорта : учебник для вузов. Москва : Транспорт, 2013. 248 с.
3. Экологическая безопасность транспортных потоков / А.Б. Дьяков и др. ; под. ред. А.Б. Дьякова. Москва : Транспорт, 1989, 340 с.
4. Air quality in Europe – 2014. *European Environment Agency Report. European Union*. 2014. № 5. 82 p.
5. Шаповалов А.Л. Оцінка якості життя населення регіонів України. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків. 2010. Вип. 48. С. 135–139.
6. Вітрішак С.В. Забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту – реальна небезпека нації. *Young Scientist*. 2014. № 3 (06). С. 125–126.
7. Волков В.С., Тарасова Е.В. Мониторинг городской окружающей среды с учетом деятельности автотранспорта. *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. С. 20–24.
8. Балахшин В.В., Сидоренко В.Ф. Трансформация воздушного потока при обтекании жилых зданий на городских улицах. *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. Вып. 46 (63). Ч. 2. С. 4–18.

9. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Яшина М.В. Автотранспортные потоки и окружающая среда. Москва : Высшая школа, 2001. 295 с.
10. Германова Т.В. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом: на основе анализа транспортной системы города. *Известия вузов. Серия «Строительство»*. 2006. № 7. С. 66–71.
11. Русакова Т.И. Исследование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в «уличных каньонах» города. Наука и прогресс транспорта. *Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2015. № 1 (55), С. 23–35.
12. Зенченко В.А. Оценка параметров окружающей среды и основных транспортных потоков, определяющих ситуацию на улично-дорожной сети. *Современные наукоемкие технологии*. 2012. № 2. С. 52–59.
13. Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Пути снижения негативного воздействия транспортного комплекса на городскую среду. *Транспорт : Наука. Техника. Управление*. 2012. № 2. С. 14–18.

Fomenko H.R. TRANSPORT FLOWS AND THEIR IMPACT ON THE LEVEL POLLUTION OF URBAN HIGHWAYS

The article considers the impact of traffic flows on the deterioration of the environment in cities. The growth of road transport is due to the needs of economic development. Increasing the intensity of traffic flows in cities significantly worsens the state of the environment of the areas adjacent to the main streets of cities. Peculiarities of traffic flow formation in cities depend on existing planning schemes. No less important is the location of functional areas and the structure of the road network. Significant influence on the amount of emissions of harmful substances into the environment has the composition of traffic flows, the perfection of car designs, their technical condition, as well as the type of fuel and especially its quality.

The movement of traffic flows is accompanied by a significant amount of emissions of toxic substances. Urban development has many features related to the road network. Diverse urban development significantly affects the process of dispersal of pollutants from traffic flows. The parameters of the streets within the “red lines”, the location of buildings, as well as their height and length, the width of the distances between them determine the conditions of air flow and the degree of scattering of exhaust gases. Street aeration has a significant impact and distribution of air flows. City streets are an unorganized source of exhaust emissions from cars. Under appropriate meteorological conditions on the main streets, the concentration of harmful compounds in the air increases and can reach dangerous levels.

Air pollution in the areas of urban main streets and adjacent areas depends on the intensity of traffic and the composition of traffic flows, the width and relief of the streets, wind speed, humidity and other factors. City streets are one of the main sources of pollution in highways. Harmful substances that are present in the exhaust gases of vehicles have a wide range of negative effects on humans and can cause the emergence and development of a significant number of diseases. The highest concentrations of pollutants are emitted at idle mode of operation of vehicles and at short stops.

Studies of the level of pollution by emissions from traffic flows were conducted on sections of the main streets Moskovsky Avenue, st. Poltava Shlyah Street the street. Akademika Pavlova and Saltivske highway in the city of Kharkiv. Field studies of the composition of traffic flows, intensity and speed of traffic were performed. Levels of pollution by carbon monoxide emissions are determined by experimental and calculated methods. A comparative analysis of the results of studies was conducted, which allowed to establish a significant excess of the maximum concentration of carbon monoxide in the studied areas.

Key words: traffic flow, harmful emissions, pollution level, main streets, air environment.