УДК 656.13

В.В. Гілевич, Ю.М. Яремко
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

ДО ЕКОЛОГІЧНИХ НЕБЕЗПЕК АВТОМОБІЛІВ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розглянуто основні чинники, що впливають на екологічну безпеку транспортних потоків в умовах урбанізації та зростання автомобілізації. Проаналізовано вплив інтенсивності руху, режимів експлуатації автомобілів, типу палива, технічного стану автопарку, дорожньої інфраструктури та організації дорожнього руху на рівень забруднення атмосферного повітря. Окрему увагу приділено електромагнітному випромінюванню сучасних транспортних засобів як малодослідженому чиннику екологічного ризику, особливо в умовах поширення електричного та гібридного транспорту. Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до оцінки екологічного впливу транспортних систем, впровадження екологічно чистих технологій, інтелектуальних транспортних рішень і розвитку сталих форм мобільності для підвищення безпеки міського середовища.
Ключові слова: *безпека руху, електромагнітне випромінювання, транспортний потік, транспортний засіб, міське середовище.*

The main factors affecting the environmental safety of transport flows in the conditions of urbanization and the growth of motorization are considered. The influence of traffic intensity, vehicle operation modes, fuel type, technical condition of the fleet, road infrastructure and road traffic organization on the level of atmospheric air pollution is analyzed. Special attention is paid to the electromagnetic radiation of modern vehicles as a little-studied factor of environmental risk, especially in the conditions of the spread of electric and hybrid transport. The need for an integrated approach to assessing the environmental impact of transport systems, the introduction of environmentally friendly technologies, intelligent transport solutions and the development of sustainable forms of mobility to improve the safety of the urban environment is substantiated.
Key words: *traffic safety, electromagnetic radiation, transport flow, vehicle, urban environment.*

Зі зростанням рівня урбанізації та стрімким розвитком автомобілізації проблема екологічної безпеки транспортних потоків (ТП) набуває особливої актуальності та перетворюється на один із ключових викликів сучасного міського розвитку. Зростання інтенсивності дорожнього руху призводить до погіршання стану природного середовища і негативно впливає на якість життя міського населення. У таких умовах транспортна система міста стає визначальним чинником екологічного ризику.

Під час використання транспортних засобів (ТЗ) у повітря потрапляють оксиди азоту, оксид вуглецю, тверді частинки, леткі органічні сполуки та інші шкідливі речовини, які спричиняють погіршення якості атмосферного повітря та становлять загрозу для здоров'я населення. За даними наукових досліджень, викиди ТЗ у великих містах можуть становити до 90% загального обсягу забруднюючих речовин в повітрі мегаполісів.

Систематичний аналіз екологічних аспектів функціонування ТП створює передумови для оптимізації транспортної інфраструктури, впровадження екологічно орієнтованих технологій та розвитку сталих форм мобільності, зокрема громадського транспорту, електротранспорту, велосипедного руху та пішохідних зон. Це сприяє зниженню рівня забруднення довкілля, підвищенню екологічної безпеки і забезпеченню сталого розвитку урбанізованих територій.

До основних чинників, що визначають екологічну безпеку ТП, належать такі:

9. *Інтенсивність транспортного потоку* є одним із базових кількісних показників, що характеризує рівень навантаження на вулично-дорожню мережу та безпосередньо впливає на обсяги шкідливих викидів. Зі зростанням інтенсивності руху зростає концентрація забруднюючих речовин у приземному шарі повітря, особливо в умовах обмеженої пропускної здатності вулиць. Тут важливу роль відіграє не лише загальна кількість транспортних засобів, але й структура ТП. Встановлено, що збільшення частки приватного автотранспорту призводить до зростання питомих викидів парникових газів, зокрема CO_2, а також оксидів азоту (NO_x), монооксиду вуглецю (CO) і твердих частинок ($PM_{2,5}$ та PM_{10}) [1]. Вантажні автомобілі та автобуси, незважаючи на меншу кількість у складі потоку, можуть формувати значну частку сумарних викидів через більший об'єм двигуна та вищу витрату

палива. У великих містах України (Київ, Львів, Харків) у години пік значення інтенсивності руху на магістральних вулицях може перевищувати 2500-3000 авт./год на смугу, що призводить до перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин, особливо в зоні перехресть і транспортних вузлів [2].

10. *Режим руху транспортних засобів* істотно впливає як на обсяг, так і на хімічний склад викидів. Найбільш екологічно несприятливим є нестаціонарний режим руху, який характеризується частими змінами швидкості, зупинками, розгонами та гальмуваннями. У таких умовах двигун працює в неоптимальному режимі, що зумовлює збільшення витрат палива та підвищення рівня токсичних викидів [2]. Особливо негативними є транспортні затори, під час яких двигуни тривалий час працюють на холостому ходу. У цьому режимі значно зростає концентрація монооксиду вуглецю та незгорілих вуглеводнів, а також діоксиду азоту, який є основним компонентом фотохімічного смогу [3]. Мінімальні значення питомих викидів зазвичай досягаються при рівномірному русі зі швидкістю 40-60 км/год, тоді як у заторах або при швидкості нижче 10-15 км/год викиди можуть зростати в 2-3 рази.

11. *Тип використовуваного палива та технічний стан транспортних засобів* є важливими чинниками екологічної безпеки транспортних потоків. Автомобілі, що не відповідають сучасним екологічним стандартам (Euro 3 і нижче), характеризуються вищими показниками викидів токсичних речовин, особливо оксидів азоту, сажі та поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Наявність сучасних систем очищення відпрацьованих газів (каталітичних нейтралізаторів, сажових фільтрів, систем EGR) дозволяє знизити викиди NO_x і твердих частинок на 40-90%. Водночас використання неякісного палива або незадовільний технічний стан двигунів транспортних засобів істотно зменшують ефективність таких систем [3].

12. *Стан дорожньої інфраструктури та організація дорожнього руху* визначають умови формування транспортних потоків і, відповідно, рівень екологічного навантаження. Низька пропускна здатність доріг, нераціональне планування перехресть, відсутність об'їзних маршрутів і неадаптивне світлофорне регулювання сприяють утворенню заторів і збільшенню тривалості перебування ТЗ у зоні впливу [2, 4]. Дослідження показують, що впровадження адаптивного світлофорного регулювання та організація «зеленої хвилі» дозволяють зменшити кількість зупинок до 30-40% і знизити викиди NOx на 20-25% на критичних ділянках дорожньої мережі [5].

Аналіз даних підтверджує, що домінування приватного автотранспорту є однією з головних причин підвищеного рівня забруднення повітря в містах. Розвиток громадського транспорту, велосипедної інфраструктури та впровадження інтелектуальних транспортних систем створюють передумови для істотного зниження екологічного навантаження. Таким чином, оптимізація організації дорожнього руху, оновлення автопарку, впровадження екологічно чистих технологій та популяризація сталих форм мобільності є визначальними напрямами підвищення екологічної безпеки транспортних потоків. Такий висновок підтверджується результатами як вітчизняними, так і міжнародними дослідженнями [1-7].

13. *Електромагнітне випромінювання транспортних засобів* є невід'ємною складовою сучасного антропогенного навантаження, яке формується в умовах зростаючої інтенсивності транспортних потоків та активного впровадження електричних і електронних технологій у транспортній галузі. На відміну від традиційних видів забруднення, таких як хімічні викиди або шум, електромагнітне випромінювання (ЕМВ) має менш помітний, але тривалий і комплексний характер впливу, що зумовлює необхідність його системного врахування в контексті екологічної безпеки.

Сучасні ТЗ, особливо електричні та гібридні автомобілі, є складними технічними системами, які містять велику кількість електронних та комунікаційних компонентів. Під час їхньої роботи утворюються електромагнітні поля різної частоти та інтенсивності, які формують електромагнітне середовище транспортного засобу. Основними джерелами ЕМВ у сучасних ТЗ: електродвигуни (під час роботи двигуна відбувається перетворення електричної енергії в механічну, що супроводжується виникненням змінних магнітних полів); інвертори (забезпечують перетворення постійного струму від акумуляторної батареї в змінний струм для живлення електродвигуна, працюють на високих частотах і створюють імпульсні електромагнітні поля); системи живлення високої напруги (включають акумуляторні батареї, силові кабелі, перетворювачі напруги та системи керування енергопотоками); бездротові технології для забезпечення комфорту, безпеки та навігації (Bluetooth, Wi-Fi, GPS, мобільні модулі зв'язку та системи обміну даними між транспортними засобами функціонують у режимі постійного або періодичного обміну сигналами, що призводить до безперервного випромінювання низькоінтенсивного радіочастотного ЕМВ).

Отже, сучасні транспортні засоби є багатоджерельними системами електромагнітного випромінювання. Хоча рівні ЕМВ у більшості випадків не перевищують встановлених нормативів безпеки, комплексний і тривалий характер впливу потребує подальших наукових досліджень та вдосконалення методів моніторингу електромагнітного середовища, яке генерується у ТЗ.

З огляду на зростаюче впровадження електричних, гібридних та інтелектуальних транспортних засобів, питання мінімізації рівнів електромагнітного випромінювання набуває особливої актуальності. Хоча більшість сучасних транспортних засобів відповідає міжнародним нормам електромагнітної безпеки, застосування додаткових технічних та конструктивних заходів дозволяє ще більше знизити електромагнітне навантаження на водія, пасажирів та пішоходів.

Застосування комплексу технічних, конструктивних та організаційних заходів формує мету, яка полягає не лише у зниженні рівнів електромагнітних полів, а й у забезпеченні стабільної роботи електронних систем та підвищенні загального рівня безпеки транспортної інфраструктури.

Одним з важливих і водночас найменше досліджених чинників є електромагнітне випромінювання, яке продукують транспортні засоби. В науковій літературі можна знайти багато інформації про негативний вплив ЕМВ на організм людини і навколишнє середовище [8, 9].

Аналіз результатів наукових даних свідчить, що електромагнітні поля, які утворюються внаслідок роботи ТЗ у складі ТП, за сукупною дією, особливо в умовах щільного міського руху та тривалого перебування людей у зоні впливу, можуть створювати додаткове електромагнітне навантаження на організм людини та елементи навколишнього середовища. Це набуває особливої актуальності з огляду на зростання частки електричних і гібридних транспортних засобів, оснащених високовольтними системами та численними бездротовими модулями зв'язку.

Потенційний вплив електромагнітного випромінювання проявляється насамперед у вигляді функціональних змін фізіологічних процесів, а також у можливому порушенні біологічних механізмів у живих організмів. Хоча причинно-наслідкові зв'язки між рівнями ЕМВ та довгостроковими негативними наслідками для здоров'я залишаються предметом наукових дискусій, превентивний підхід до мінімізації впливу електромагнітних полів є обґрунтованим та доцільним.

Впровадження методів оцінки шкідливих впливів від транспортних засобів сприяє не лише зменшенню потенційних ризиків для здоров'я людини, а й підвищенню екологічної безпеки транспортних систем, що є важливим аспектом сталого розвитку сучасних міст. Наголошується, що електромагнітне випромінювання ТЗ, зокрема у транспортних потоках, слід розглядати в комплексі з іншими шкідливостями як важливий чинник екологічної безпеки сучасних міст.

Бібліографія

8. Кара І.А. Екологічна небезпека від транспортних потоків у містах (на прикладі загазованості повітряного басейну). *Молодий вчений*, 2018. № 9(61). С. 436-441.

9. Титаренко В.Є., Нестеренко В.О. Дослідження екологічного стану транспортних перехресть за викидами автомобільних двигунів. *Вісник ЖДТУ*, 2016. №2 (77). С. 267-272.

10. Терентьєв О.М., Сергієнко М.І., Смоляр В.Г. Вплив промислового автомобільного транспорту на навколишнє середовище. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2020. № 3. С. 85-91.

11. Викиди від транспорту і як з ними боротися: інтерв'ю експерток Екодії для Федерації автопрому України. URL: https://ecoaction.org.ua/vykydy-vid-transportu.html.

12. Матейчик В.П., Цюман М.П., Смешек М. Особливості моніторингу і контролю показників екологічної безпеки транспортних засобів і транспортних потоків в умовах інтелектуальних систем. *Вісник Національного транспортного університету*, 2016. № 1(34). С. 255-266.

13. Fornalchyk Y., Hilevych V. Characteristics of motorization's impact on the urban population. *Transport Technologies*, 2023. Vol. 4, No 2. P. 69-77.

14. Бажинов О.В., Кравцов М.М. Електромагнітна безпека транспортних засобів. Монографія, 2021. 134 с.

15. Electromagnetic Fields and Cancer. National Cancer Institute. URL: https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/electromagnetic-fields-fact-sheet.

16. Kıvrak E.G., Yurt K.K., Kaplan A.A., et al. Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 2017. No 14(10). P. 167-176.

ГІЛЕВИЧ Володимир Васильович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, НУ «Львівська політехніка», e-mail: volodymyr.v.hilevych@lpnu.ua

ЯРЕМКО Юрій Миколайович – аспірант кафедри транспортних технологій, НУ «Львівська політехніка», e-mail: yurii.m.yaremko@lpnu.ua