

ДИНАМІКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна, sirius27@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8352-2282

DYNAMICS OF POLLUTION LEVEL OF URBANIZED TERRITORIES

Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Samoylenko E.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine, sirius27@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8352-2282

ДИНАМИКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, sirius27@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8352-2282

Вступ. За останні роки в Україні спостерігається стрімке зростання автотранспортного парку, що призводить до суттєвого перевантаження вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст та виникнення комплексу екологічних проблем. [1] Однією з основних таких проблем є забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами. Зміна рівня забруднення вулиць міст протягом доби залежить від динамічних чинників, а саме інтенсивності та якісного складу транспортного потоку, метеорологічних умов тощо. Оскільки інтенсивність руху має нерівномірний характер, то найбільш небезпечними інтервалами доби будуть «пікові» періоди за яких спостерігаються максимальні значення інтенсивності руху транспортних потоків. Тому своєчасне розуміння майбутньої поведінки добового розподілу інтенсивності руху дозволить робити оперативні прогнози рівня забруднення атмосфери міст та попереджати критичні ситуації, при яких концентрація забруднюючих речовин перевищує гранично-допустимі значення.

Метою роботи є оцінка динаміки рівня забруднення ВДМ міст шляхом дослідження зміни інтенсивності транспортного потоку протягом доби.

Аналіз публікацій. Оцінка рівня забруднення екосистем міста автомобільним транспортом базується на інформації про кількісно-якісний склад транспортного потоку. Для оцінки інтенсивності викидів забруднюючих речовин транспортними потоками розроблено ряд методик як вітчизняними так і зарубіжними науково-дослідними інститутами [2-4]. Дані методики можна умовно поділити на два типи. До першого типу належать методики інвентаризації забруднюючих речовин в масштабах автомобільного парку підприємства або країни в цілому за певний період часу. Вони засновані на використанні статистичної інформації про структуру автопарку та витрати палива спожитого певним типом транспортного засобу [2,3]. До другого типу відносяться методики, які оцінюють викиди забруднюючих речовин на окремій ділянці вулично-дорожньої мережі. В якості вихідних даних використовуються результати натурних досліджень структури та інтенсивності транспортного потоку на автомагістралях міста з поділом транспортних засобів за основними групами[4]. В цьому випадку питоми викиди забруднюючих речовин уявляють собою усереднені викиди для досліджуваних груп автомобілів. Основним недоліком даних методик є складність віднесення автомобіля до певної групи під час натурних досліджень.

Основна частина. Дорожній рух характеризується рядом показників, таких як: пропускна здатність автомобільної дороги; інтенсивність транспортного потоку; щільність транспортного потоку; швидкість руху транспортного потоку; склад транспортного потоку; затримки руху транспортного потоку; рівень завантаження автомобільної дороги. Добовий хід інтенсивності транспортних потоків являє собою нестационарний часовий ряд, поведінка якого залежить від

детермінованих (структурні ознаки вулиць та доріг, засоби організації та регулювання дорожнього руху та ін.) та стохастичних (склад автотранспортного потоку, метеорологічні умови та ін.) чинників [5].

Для дослідження закономірностей інтенсивності руху були проведені системні натурні спостереження за інтенсивністю та складом транспортних потоків на найбільш типових вуличних каньйонах Печерського району м. Києва. [6] (вул. І.Мазепи, вул. Інститутська та ін.). За елементарний вуличний каньйон приймається ділянка із забудовами вздовж вулиці між найближчими перехрестями. Обстеження проводилися в період доби 7:00-22:00 год., у різні дні тижня. Так, характер зміни інтенсивності добового ходу на вул. І. Мазепи, яка має регульовані перехрестя та чотири смуги руху (по дві смуги в кожному з напрямків) зображено на рисунку 1.

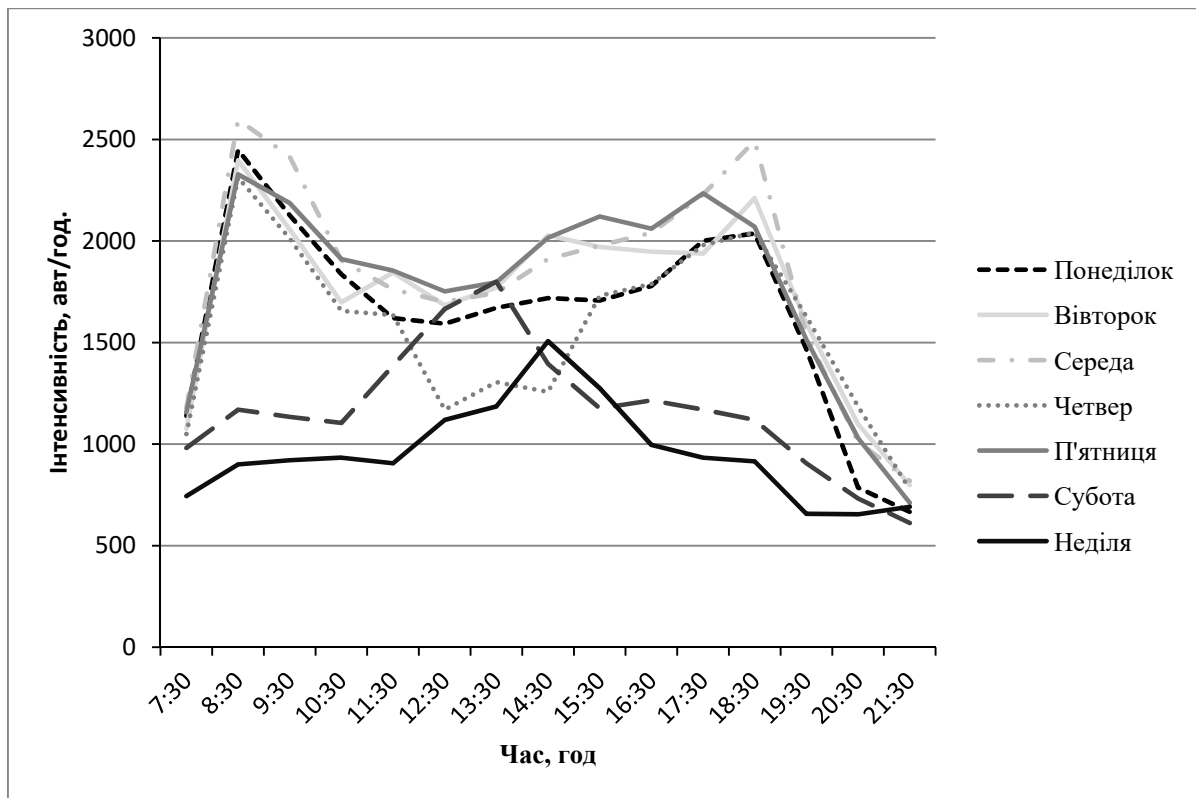


Рисунок 1 – Добовий розподіл інтенсивності транспортних потоків по дням тижня (вул. І.Мазепи)
Figure 1 – Daily distribution of traffic intensity by days of the week (I. Mazepa Street)

Протягом доби спостерігаються ранкові та вечірні «пікові періоди», що пояснюються поїздками від будинку до місця роботи й навпаки. Також можна виділити й «міжпіковий» період, коли інтенсивність руху знижується (з 10 год., до 16 год.). Найбільша інтенсивність руху спостерігається у середу та п'ятницю, найменша – у суботу та неділю. На години «пік» доводиться 12–15% добового обсягу руху.

Розподіл інтенсивності руху по напрямках у містах, як правило, симетричний, хоча у деяких вуличних каньйонах є помітно виражені відхилення, що пов'язано з їхнім розташуванням та особливостями планування ВДМ. На період з 7 до 22 годин припадає близько 90% добового обсягу руху (рис.2,3).

Склад транспортного потоку характеризує співвідношення в ньому транспортних засобів різного типу. Згідно із Правилами і Директивами Європейської економічної комісії ООН і Європейського Союзу, автотранспортні засоби поділяються за категоріями: М (M_1, M_2, M_3) – автотранспортні засоби, які мають не менше ніж чотири колеса і які використовують для перевезення пасажирів; N (N_1, N_2, N_3) – автотранспортні засоби, які мають не менше ніж чотири колеса і які призначені для перевезення вантажів; L – автотранспортні засоби, які мають менше ніж чотири колеса. Розподіл транспортних засобів в залежності від категорії наведено на рис. 4.

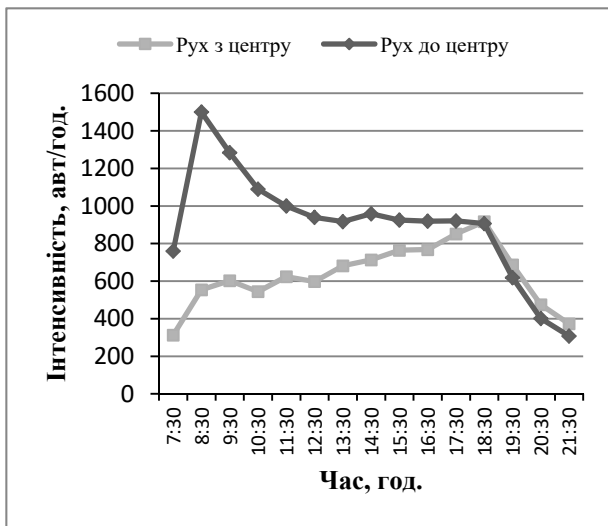


Рисунок 2 – Добовий розподіл інтенсивностей транспортних потоків по різним напрямкам руху (вул. І. Мазепи)
Figure 2 – Daily distribution of traffic flow intensities in different directions of traffic (I. Mazepa Street)

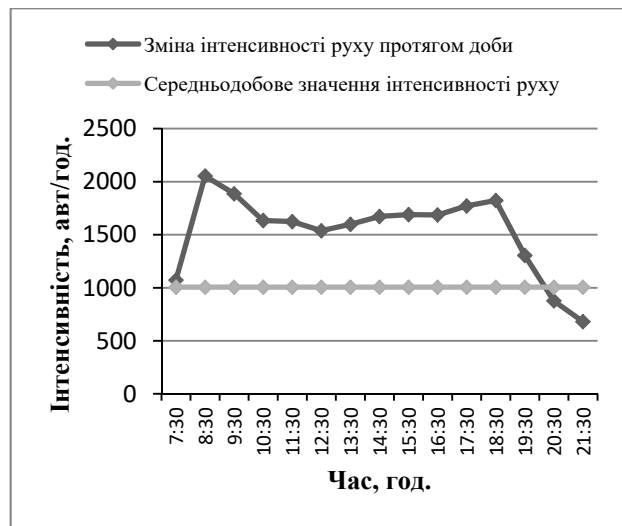


Рисунок 3 – Добовий розподіл інтенсивності транспортних потоків (вул. І. Мазепи)
Figure 3 – Daily distribution of traffic intensity (I. Mazepa Street)

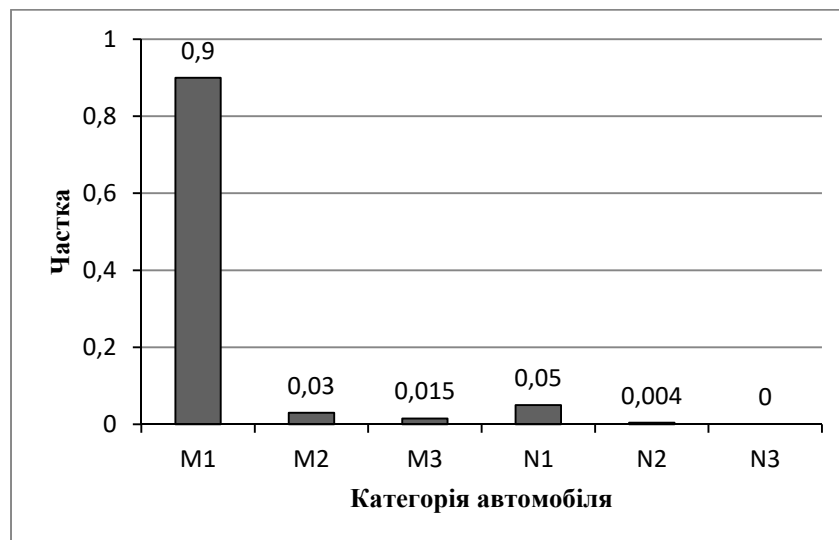


Рисунок 4 – Розподіл транспортних засобів за категоріями (вул. І. Мазепи)
Figure 4 – Distribution of vehicles by categories (I. Mazepa Street)

Близько 90 % від усієї кількості автомобілів становлять транспортні засоби категорії M1, транспортні засоби категорії N3 практично відсутні.

Інтенсивність викидів забруднюючих речовин визначається наступним чином:

$$Q = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^k q_i \cdot I_i \quad (1)$$

де Q – інтенсивність викидів забруднюючих речовин, мг/м·с;

q_i – пробіговий викид i -ої категорії транспортних засобів, г/км;

I_i – інтенсивність i -ої категорії транспортних засобів, авт/год;

Пробіговий викид від транспортними засобами відповідної категорії визначається на основі концепції «Ефективного» транспортного потоку. [7,8] «Ефективний» транспортний потік це модельний потік, техногенна ефект-дія якого на навколишнє середовище еквівалентна дії реального транспортного потоку, що містить аналогічну кількість транспортних засобів. «Ефективний»

транспортний потік, являється статистичною сукупністю «ефективних» транспортних засобів відповідних категорій, яка визначається:

$$N_{ef} = N_{ef}(M_1) + N_{ef}(M_2) + N_{ef}(M_3) + N_{ef}(N_1) + N_{ef}(N_2) + N_{ef}(N_3) + N_{ef}(L) \quad (2)$$

де: N_{ef} – кількість «ефективних» автотранспортних засобів всіх категорій, що наповнюють автопарк (потік) міста;

$$N_{ef}(M_1) = N_{ef}\omega_1 \quad \text{– кількість «ефективних» автотранспортних засобів категорії } M_1;$$

$$N_{ef}(M_2) = N_{ef}\omega_2 \quad \text{– кількість «ефективних» автотранспортних засобів категорії } M_2 \text{ і т.д.};$$

ω_i – нормований ваговий коефіцієнт, що визначає частку автотранспортних засобів даної категорії в потоці міста.

«Ефективний» транспортний засіб відповідної категорії це віртуальний транспортний засіб, техніко-експлуатаційні характеристики якого відповідають середньозваженим характеристикам автомобілів всіх марок, моделей, серій автомобілів, що відносяться до даної категорії з урахуванням їх вагових коефіцієнтів. При побудові «ефективного» транспортного засобу залучаються техніко-експлуатаційні характеристики (об'єм двигуна, потужність, вид палива, витрата палива, маса, габарити тощо), які безпосередньо або опосередковано впливають на рівень забруднення.

В таблиці 1 наведені основні техніко-експлуатаційні характеристики «ефективного» автомобіля категорії М1 та марки, моделі, серії автомобілів, чії характеристики найбільш близькі до характеристик «ефективного» автомобіля. Відповідні фізичні параметри саме цих автомобілів використовуються при оцінці пробігових викидів.

Таблиця 1 – Характеристики «ефективного» автомобіля категорії М1
Table 1 – Characteristics of an «efficient» car of category M1

Модель автомобіля	Час розгону до 100 км, с	Об'єм двигуна, см ³	Потужність, к.с.	Витрата палива, л			Повна маса, кг	Споряджена маса, кг	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм
				У місті	Поза містом	Змішана					
Chevrolet Lacetti 1.6 MT SE	11,5	1598	109	11,4	6,1	8,1	1660	1185	4295	1725	1445
Volkswagen Bora 2.0 MT	11	1984	115	11,2	6,1	8	1780	1207	4338	1740	1450
Skoda Octavia Tour Hatch 1.6 MT	14,1	1595	102	11,2	6,1	7,9	1850	1315	4569	1769	1462
Daewoo Lanos 1,5i MT	12,5	1498	86	10,4	5,7	7,9	1540	1086	4234	1679	1433
«Ефективний» автомобіль	13,5	1750	112	10,3	6,6	8,3	1718	1232	4332	1717	1495

На основі визначення екологічних показників реальних транспортних засобів, техніко-експлуатаційні характеристики яких відповідають середньозваженим техніко-експлуатаційним характеристикам автомобілів відповідної категорії, побудовано добовий хід інтенсивності викидів основних забруднюючих речовин, рис. 5, 6.

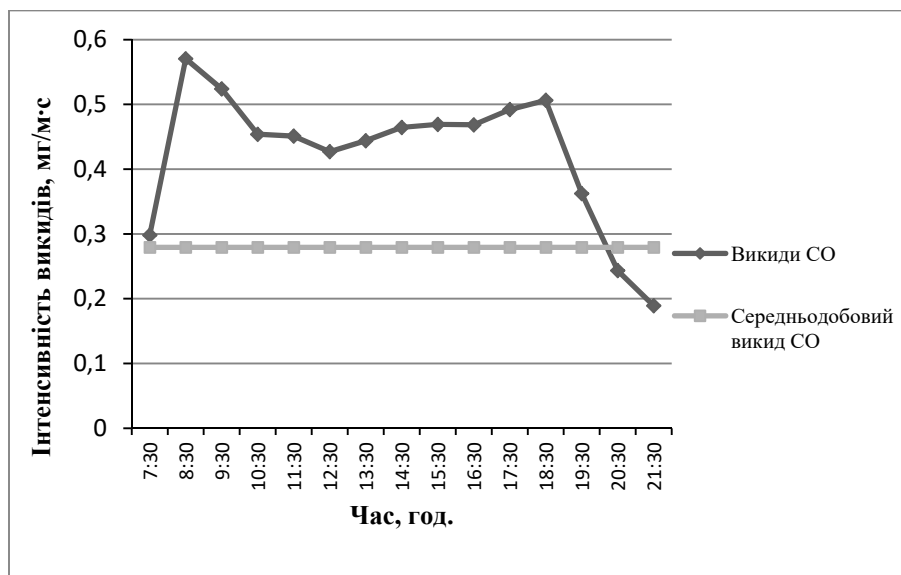


Рисунок 5 – Динаміка інтенсивності викидів оксиду вуглецю транспортним потоком (вул. І.Мазепи)
 Figure 5 – Dynamics of carbon monoxide emission intensity by transport flow (I. Mazepa Street)

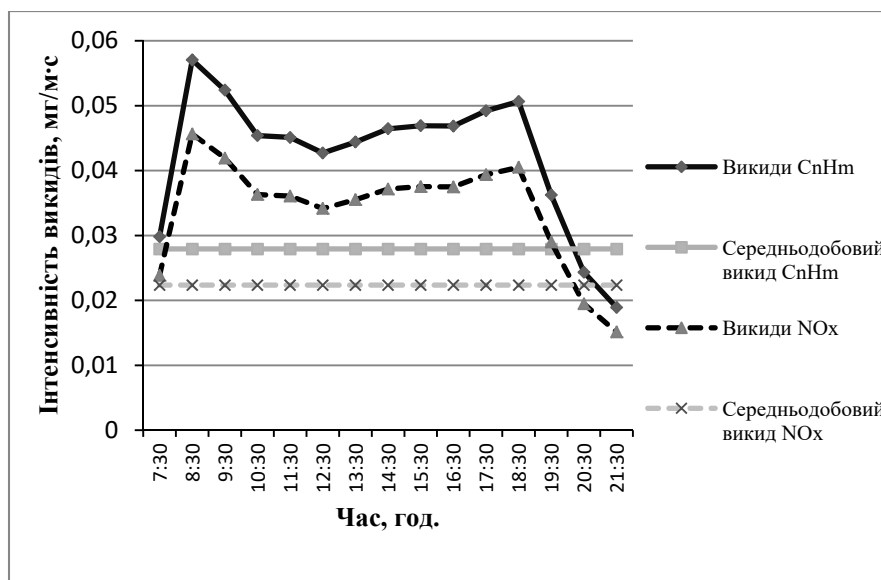


Рисунок 6 – Динаміка інтенсивності викидів оксидів азоту та вуглеводнів транспортним потоком (вул. І.Мазепи)

Figure 6 – Dynamics of intensity of emissions of nitrogen oxides and hydrocarbons by transport flow (I. Mazepa Street)

Таким чином, отримані результати можуть бути використанні при визначенні концентрацій забруднюючих речовин у вуличних каньйонах міст, що дозволить робити оперативні прогнози рівня забруднення атмосфери.

Висновок. Проаналізовано добовий розподіл інтенсивностей руху транспортних потоків у вуличних каньйонах м. Києва, завдяки чому визначена динаміка викидів забруднюючих речовин. Результати досліджень дозволять оперативно прогнозувати рівень забруднення екосистем міст та своєчасно попереджати критичні ситуації, за яких концентрація забруднюючих речовин перевищує гранично-допустимі значення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: – М.: Высш. школа, 2003. – 273с.
2. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М.: ОАО «НИИАТ», 1998.

3. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. – М.: ОАО «НИИАТ», 2008.
4. Методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. – М.: ОАО «НИИАТ», 1997.
5. Бакуліч О.О. Потенційна екологічна небезпека вуличних каньйонів міста / О.О. Бакуліч, Р.В. Олійник, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ, 2014. – Вип.31.
6. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
7. Патент на корисну модель №95713 Україна МПК (2015.01) E01C 1/00. Спосіб оцінки потужності джерела забруднення / Бакуліч О.О., Олійник Р.В., Самойленко Є.С. – №201402498; заявл. 13.03.2014; опубл. 12.01.2015
8. Бакуліч О.О. Модель складу транспортного потоку міста / О.О. Бакуліч, Є.С. Самойленко // Экономика и управление на транспорте. – К.: НТУ, 2016. – Вып. 3. С.

REFERENCES

1. Lukanin V.N. *Promyshlennо-transportnaya ekologiya* [Industrial and transport environment]. Moskva, Higher. School Publ., 2003. – 273 p. (rus)
2. *Metodika provedeniya inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu avtotransportnykh predpriyatiy.* [Methods for conducting an inventory of pollutant emissions into the atmosphere of motor transport enterprises]. Moskva, ОАО «НИИАТ» Publ. 1998. (rus)
3. *Raschetnaya instruksiya po inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv ot avtotransportnykh sredstv na territorii krupneyshikh gorodov.*[Estimated instruction for inventory of emissions of pollutants from vehicles in the largest cities]. Moskva, ОАО «НИИАТ» Publ. 2008 (rus)
4. *Metodika rascheta vybrosov v atmosferu zagryaznyayushchikh veshchestv avtotransportom na gorodskikh magistralyakh.* [Methods for calculating emissions of pollutants into the atmosphere by motor vehicles on urban highways]. Moskva, ОАО «НИИАТ» Publ. 1997 (rus)
5. Bakulich O.O., Oliynyk R.V., Samoilenko E.S. *Potentsiyna ekologichna nebezpeka vulychnykh kanyoniv mista* [Potential environmental hazards of street canyons]. Visnyk natsionalnogo transportnogo universytetu [Visnyk National Transport University]. – Kyiv, National Transport University Publ. 2014. – Vol. 31. (ukr)
6. Polishchuk V.P., Dzyuba O.P. *Teoriya transportnoho potoku: metody ta modeli orhanizatsiyi dorozhn'oho rukhu* [Traffic flow theory: methods and models of traffic organization] Kiev, Knowledge of Ukraine Publ., 2008. 175 p.
7. Bakulich O.O., Oliiynyk R.V. Samoilenko E.S. *Sposib otsinky potuzhnosti dzherela zabrudnennia.* [Assessment method of power sources of pollution] Patent UA, no. u 2014 02498, 2015. (ukr)
8. Bakulich O.O., Samoilenko E.S. Model' skladu transportnoho potoku mista [The model of traffic flow of the city]. *Ekonomika ta upravlinnia na transporti.* Kiev, NTU Publ., 2016. issue 3. (ukr)

РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Динаміка рівня забруднення урбанізованих територій / О.О. Бакуліч, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

Стаття присвячена дослідженню зміни інтенсивностей руху транспортних потоків у вуличних каньйонах м. Києва та визначенні динаміки інтенсивності викидів основних забруднюючих речовин протягом доби. У зв'язку зі стрімким зростанням автотранспортного парку відбувається суттєве перевантаження вулично-дорожньої мережі міст що призводить до комплексу екологічних проблем. Однією з основних таких проблем є забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами.

Об'єкт дослідження – динаміка забруднення вуличних каньйонів міста Києва.

Мета роботи – дослідження зміни інтенсивності транспортного потоку протягом доби та оцінка динаміки рівня забруднення вулично-дорожньої мережі міст.

Методи дослідження – статистичні методи, кластерний аналіз.

Зміна рівня забруднення вулиць міст протягом доби залежить від динамічних чинників, а саме інтенсивності та якісного складу транспортного потоку, метеорологічних умов тощо. Встановлено, що найбільш небезпечними інтервалами доби будуть «пікові» періоди за яких спостерігаються максимальні значення інтенсивності руху транспортних потоків. У статті досліджено закономірності розподілу інтенсивності руху транспортних потоків протягом доби та на основі визначення

екологічних показників реальних транспортних засобів, техніко-експлуатаційні характеристики яких відповідають характеристикам «ефективних» автомобілів відповідної категорії, побудовано добовий розподіл інтенсивності викидів основних забруднюючих речовин.

Таким чином, отримані результати можуть бути використанні при визначенні концентрацій забруднюючих речовин у вуличних каньйонах міст, що дозволить робити оперативні прогнози рівня забруднення атмосфери.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЯ МЕРЕЖА, ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ВУЛИЧНИЙ КАНЬЙОН, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ.

ABSTRACT

Bakulich O.O., Samoilenko E.S. Dynamics of pollution level of urbanized territories. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The article is devoted to the study of changes in the intensity of traffic flows in the street canyons of Kyiv and to determine the dynamics of the intensity of emissions of major pollutants during the day. Due to the rapid growth of the vehicle fleet, there is a significant congestion of the street and road network of cities, which leads to a set of environmental problems. One of the such problems is air pollution with harmful substances.

Object of the study: dynamics of pollution of city streets

Purpose of the study: study of changes in traffic intensity during the day and assessment of the dynamics of the level pollution of the cities road network.

Method of the study: statistical methods, cluster analysis.

The change in the level of pollution of city streets during the day depends on dynamic factors, namely the intensity and quality of the traffic flow, meteorological conditions and so on. It is established that the most dangerous intervals of the day will be "peak" periods during which the maximum values of traffic intensity are observed. The article examines the patterns of distribution of traffic intensity during the day and on the basis of determining the environmental performance of real vehicles, technical and operational characteristics of which correspond to the characteristics of "efficient" cars of the corresponding category, determines the daily distribution of emissions of major pollutants. Thus, the obtained results can be used in determining the concentrations of pollutants in the street canyons of cities, which will make operational predictions of the level of air pollution.

KEY WORDS: STREET ROAD NETWORK, TRANSPORT FLOWS, TRAFFIC INTENSITY, STREET CANYON, VEHICLE, POLLUTION LEVEL.

РЕФЕРАТ

Бакулич Е.А. Динамика уровня загрязнения урбанизированных территорий / Е.А. Бакулич, Е.С. Самойленко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

Статья посвящена исследованию изменения интенсивностей движения транспортных потоков в уличных каньйонах г. Киева и определении динамики интенсивности выбросов основных загрязняющих веществ в течение суток. В связи со стремительным ростом автотранспортного парка происходит существенные перегрузки улично-дорожной сети городов что приводит к комплексу экологических проблем. Одной из основных таких проблем является загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами.

Объект исследования – динамика загрязнения уличных каньйонов города Киева.

Цель работы – исследования изменения интенсивности транспортного потока в течение суток и оценка динамики уровня загрязнения улично-дорожной сети городов.

Методы исследования – статистические методы, кластерный анализ.

Изменение уровня загрязнения улиц городов в течение суток зависит от динамических факторов, а именно интенсивности и качественного состава транспортного потока, метеорологических условий. Установлено, что наиболее опасными интервалами времени будут «пиковые» периоды при которых наблюдаются максимальные значения интенсивности движения транспортных потоков. В статье исследованы закономерности распределения интенсивности движения транспортных потоков в течение суток и на основе определения экологических показателей реальных транспортных средств, технико эксплуатационные характеристики которых соответствуют

характеристикам «эффективных» автомобилей соответствующих категорий, построено суточное распределение интенсивности выбросов основных загрязняющих веществ.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при определении концентраций загрязняющих веществ в уличных каньонах городов, что позволит делать оперативные прогнозы уровня загрязнения атмосферы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ, ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ, ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, УЛИЧНЫЙ КАНЬЙОН, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

АВТОРИ:

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, декан факультету менеджменту, логістики та туризму, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленко 1.

Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, асистент кафедри менеджмент, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1.

AUTHOR:

Bakulich O.O. Ph.D., (engineering), National Transport University, Dean of the Faculty of Management, logistics and tourism, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, tel. +380937451421, Ukraine, 01010 Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1.

Samoylenko E.S., postgraduate, National Transport University, assistant department of management, e-mail: sirius27@ukr.net, tel. +380988088008, Ukraine, 01010 Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str.1.

АВТОРЫ:

Бакулич Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультета менеджмента, логистики и туризма, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1.

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, ассистент кафедры менеджмент, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Абрамова Л.С., доктор технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Київ, Україна.

Данчук В.Д., доктор фіз.-мат. наук, професор, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

REVIEWER:

Abramova L.S., Ph.D., Engineering (Dr.), Kharkiv National Automobile and Road University, Kyiv, Ukraine.

Danchuk V.D., Ph.D, Phys.-Math (Dr.), Dean of the Faculty of transport and information technologies, National Transport University, Kyiv, Ukraine.