

УДК 504.064.2:656.13

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.155

## ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ В м. ХАРКІВ

Холодова О. О., Семченко Н. О., Левченко О. С.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Розглядаються математичні моделі прогнозування зміни рівня забруднення атмосферного повітря пересувними транспортними засобами залежно від рівня автомобілізації в місті Харків. Наведено практичні рекомендації з поліпшення екологічного навантаження на окремих ділянках вулиць міста шляхом використання найбільш раціональних сполучень заходів організації дорожнього руху.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, рівень автомобілізації, транспортний потік, транспортні засоби, моделі прогнозування, організація дорожнього руху.

### Вступ

В економічно розвинених країнах світу, зокрема в Україні, нестримно зростає рівень автомобілізації, отже, однією з проблем сучасного міста є постійне зростання транспортного та екологічного навантаження [1–3], а особливо в його центральній діловій частині. Міста України, насамперед такий мегаполіс, як Харків, що постійно розвивається, потерпає від багатокілометрових вуличних заторів. Перевантаженість вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста транспортними потоками (ТП) супроводжується зростанням кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП), надмірним забрудненням навколишнього середовища відпрацьованими газами та іншими шкідливими речовинами.

Якість атмосферного повітря в місті на 80 % залежить від транспортних засобів (ТЗ), оскільки від одного легкового автомобіля в повітря потрапляє близько 1 кг забруднювальних речовин за добу, а на холостому ходу викид зростає в 2,5 рази [4]. Крім того, транспортні засоби спричиняють від 60 до 80 % шуму в місті, що має негативний вплив на умови життя населення міста.

Викиди відпрацьованих газів автотранспорту містять такі шкідливі речовини, як оксид вуглецю, діоксид азоту, сажу, бенз(а)пірен [5]. Ступінь забруднення атмосфери на вулицях Харкова з інтенсивним рухом автотранспорту залишається помірно небезпечним. Найбільше забруднення атмосферного повітря виявлено на таких великих транспортних магістралях міста, як Полтавський Шлях, вул. Сумська, вул. Плеханівська, пр. Московський, пр. Героїв Сталінграда. Згідно з даними Головного управління статистики (ГУС) в Харківській області, останнім часом зменшуються обсяги викидів від стаціонарних джерел і зростають обсяги викидів

від пересувних джерел, зокрема від автотранспорту. Основними чинниками інтенсивного забруднення атмосфери автотранспортом є щораз більша кількість автотранспорту, експлуатація технічно застарілого автомобільного парку, низька якість паливно-мастильних матеріалів, недостатня пропускна спроможність дорожньо-транспортної мережі, яка сформувалась в умовах наявної забудови, зокрема в центральній частині міста та незадовільний стан дорожнього покриття проїзної частини доріг [6, 7].

Вирішити проблему можна комплексно, вплинувши на рівень забруднення повітря [8–10] трьома способами: по-перше, зменшенням токсичності викидів від кожного окремого автомобіля за допомогою вдосконалення окремих агрегатів та використання більш безпечних видів палива; по-друге, зниженням концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі шляхом раціонального планування та забудови примігстральних територій, а також газозахисних споруд та озеленення; по-третє, зменшенням обсягів викидів від ТП на магістралях шляхом удосконалення транспортно-планувальних характеристик ВДМ та покращення організації дорожнього руху (ОДР).

До останнього способу належать заправдження світлофорного регулювання, обмеження загальної інтенсивності транспортних потоків (ТП), корегування їхнього складу, виділення безтранспортних та утворення пішохідних зон, будівництва паркінгів, зокрема підземних, для ТЗ тощо. Особливо це стосується центральних ділових частин міст (ЦДЧМ), де озеленення або застосування інженерних споруд у більшості випадків неможливе чи недоцільне у зв'язку з відсутністю необхідної території або з естетичних причин. Тобто це можна назвати розробленням комплексних схем ОДР.

### Аналіз публікацій

Оскільки було зазначено, що основним чинником забруднення атмосферного повітря є збільшення кількості автотранспорту, нами було вирішено отримати дані щодо розміру рівня автомобілізації в м. Харків.

Для дослідження рівня автомобілізації використовуємо модель, розроблену кафедрою транспортних систем і логістики ХНАМГ [11], оскільки під час аналізу даних Генерального плану розвитку м. Харкова (2004–2026) [12] виявлено, що дані для моделювання недостатньо, а наявні не співпадають з даними прогнозування рівня автомобілізації за роками, використаними в [11].

Отримана модель залежності рівня автомобілізації від часового фактора в [11] має такий вид:

$$A = 60,43 \cdot t^{0,29}, \quad (1)$$

де  $A$  – рівень автомобілізації, авт./1000 мешканців міста;  $t$  – номер року спостережень.

Ця модель надає можливість визначити рівень автомобілізації за необхідні роки. Для дослідження нами обрані 1998–2007 роки, оскільки вдалось отримати інформацію щодо забруднення атмосферного повітря саме за цей період [6].

У табл. 1 наведені дані, отримані з [6, 11], які будуть використані для побудови моделі залежності викидів забруднювальних речовин від рівня автомобілізації в м. Харків.

Зменшити екологічне навантаження можна також і шляхом вибору оптимальних комплексних схем ОДР. Оцінити впроваджені результати можна за допомогою методики прогнозування зміни забруднення навколишнього середовища за концентрацією окису вуглецю на міських дорогах відповідно до ОДР [13].

### Мета і постановка завдання

У нашій роботі здійснено спробу надати практичні рекомендації, послідовне дотримання яких дозволить визначити найбільш раціональне поєднання заходів зі зниження екологічного навантаження в містах шляхом удосконалення ОДР на ВДМ міста.

### Дослідження забруднення атмосферного повітря ТП в м. Харків

Спочатку необхідно здійснити аналіз отриманих статистичних даних. Для цього в програмному забезпеченні Statistica 6.0 побудовано моделі розподілу вихідних даних, які

свідчать, що ці два параметри мають достатній коефіцієнт детермінації, тому можуть бути використані в дослідженнях.

Наступним кроком буде отримання моделі залежності розмірів викидів шкідливих речовин залежно від рівня автомобілізації. Вихідні дані для моделювання наведені в табл. 1. Отримані моделі, що подані в табл. 2, є адекватними зі схожими коефіцієнтами детермінації і можуть бути використані для моделювання. На рисунку 1 наведена залежність з найвищим коефіцієнтом детермінації.

Таблиця 1 – Статистичні дані

Рік	Номер року спостережень, $t$	Рівень автомобілізації, $A$ , авт./1000 мешк.	Рівень забруднення атмосферного повітря, $P$ , тис. т.
1998	1	60,43	51,66
1999	2	73,89	58,47
2000	3	83,109	52,28
2001	4	90,339	67,1
2002	5	96,379	71,5
2003	6	101,61	75,2
2004	7	106,25	78,5
2005	8	110,45	76,4
2006	9	114,28	83,55
2007	10	117,83	68,76

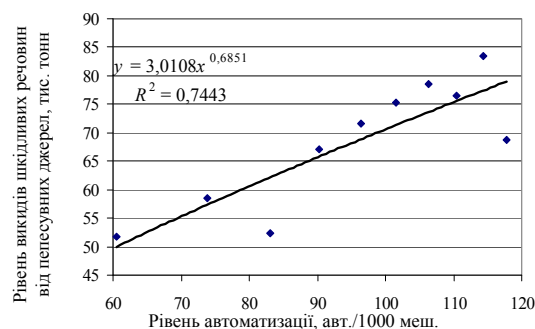


Рис. 1. Залежність викидів шкідливих речовин від рівня автомобілізації з найвищим коефіцієнтом детермінації

Але необхідно зазначити, що під час прогнозування викидів шкідливих речовин у разі зміни рівня автомобілізації потрібно враховувати зміни за роками в складі транспортного потоку (більш досконалі ТЗ, збільшення частки електромобілів тощо).

Від рівня автомобілізації залежать параметри ТП, які взаємопов'язані з показниками функціонування транспортної мережі й визначають якісні характеристики дорожнього руху в містах [14], зокрема екологічну безпеку.

Таблиця 2 – Характеристика однофакторних моделей залежності викидів шкідливих речовин від рівня автомобілізації

Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації	Стандартна помилка	Критерій Фішера	Ймовірність, $p$
$Y = 31,9998 \cdot e^{0,0078x}$	0,74051	0,091	$F(1,8)=22,82951,66$	0,00139
$Y = 3,0108 \cdot x^{1,102}$	0,74434	0,091	$F(1,8)=23,2912$	0,00131
$Y = -0,0026x^2 + 0,981x - 0,5349$	0,73545	6,424	$F(2,7)=9,73$	0,00952
$Y = 44,253 \cdot \ln x - 132,54$	0,72944	6,077	$F(1,8)=21,56809$	0,00166
$Y = 0,5065x + 19,992$	0,72984	6,072	$F(1,8)=21,6118$	0,00165

Отже, отримані залежності дозволяють спрогнозувати рівень екологічної безпеки в містах залежно від рівня автомобілізації на перспективу.

Для апробації методики визначення рівня забруднення повітря на міській дорозі була вибрана ділянка однієї з вулиць Слобідського району м. Харків вздовж пр. Героїв Сталінграда – від пр. Гагаріна до вул. Морозова (дивитись рис. 2).



Рис. 2. Досліджена ділянка на карті міста

Спочатку ділянку поділили на 17 зон залежно від типу організації руху на ній (рис. 3, рис. 4).



- регульоване перетинання;
- пішохідний перехід;
- регульований пішохідний перехід (з викликом).

Рис. 3. Схема об'єкта дослідження

Для кожної зони окремо визначалась концентрація окису вуглецю (СО) в  $\text{мг/м}^3$  за методикою [12], де змінювались схеми ОДР, і були отримані розміри викидів залежно від типу ОДР (див. рис. 5).

Оскільки об'єкт дослідження є магістрально районного значення із сформованою забудовою і планувальною структурою, то

застосування інженерних захисних споруд (стінок-екранів, виїмок, насипів) й озеленення в районі є неможливим у зв'язку з відсутністю необхідної території. У цьому випадку разом з удосконаленням транспортно-планувальних характеристик ВДМ і поліпшенням ОДР вирішального значення набувають запровадження світлофорного регулювання та його автоматизація [15], обмеження інтенсивності ТП, зміна складу ТП, створення безтранспортних зон та зон з обмеженим доступом транспорту. Однак результати розрахунків продемонстрували, що запровадження світлофорного регулювання дорожнім рухом зовсім не виключають екологічно небезпечної ситуації.

У складних умовах реконструкції ВДМ будь-яких зон міста зі сформованою забудовою можуть застосовуватися примусові заходи щодо обмеження швидкості руху ТЗ та обмеження деяких типів ТЗ. Під час проектування розглядають різні варіанти створення таких зон: пішохідні, житлові, зони з обмеженим доступом транспорту, зони обмеження швидкості ТЗ [16, 17].

Наприклад, на об'єкті дослідження можна було б ввести координоване керування [18], оскільки для запровадження «зеленої хвилі» потрібно мінімум дві смуги руху у кожному напрямку. На пр. Героїв Сталінграда наявні дві смуги руху, довжина ділянки становить 1600 м, але довжина деяких перегонів з урахуванням регульованих пішохідних переходів не перевищує 200 м, отже, запровадження координованого керування є недоцільним.

Замість локального світлофорного регулювання доцільно було б запровадити координоване керування рухом, проігнорувавши умови запровадження. Тобто на ділянках 1, 7, 11, 13, 15 та 17 змінити тип ОДР зі світлофором на АСУ, але результати розрахунків демонструють, що запровадження АСУ дорожнім рухом також не виключають екологічно небезпечної ситуації.

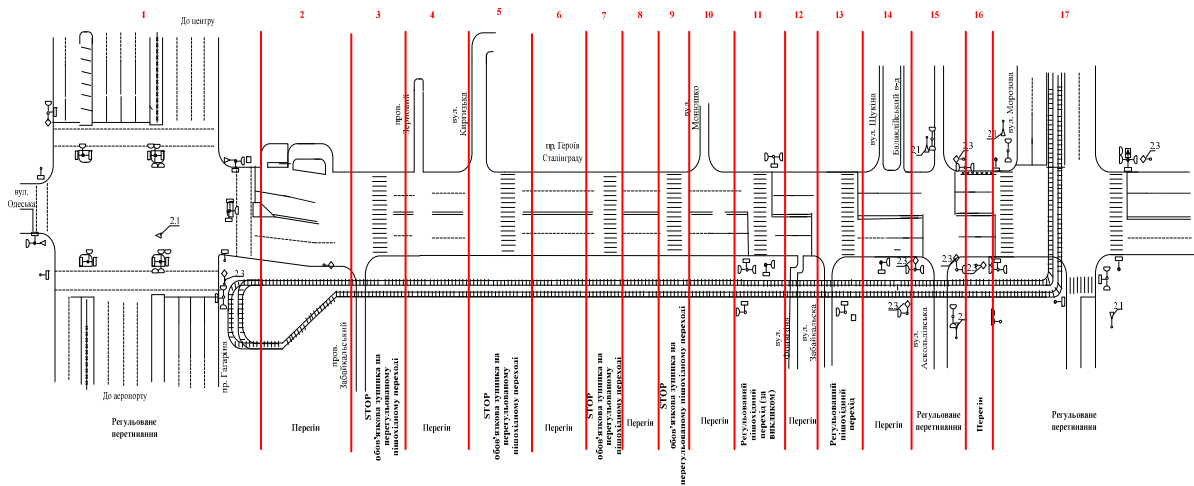


Рис. 4. Зони ділянки з типом ОДР

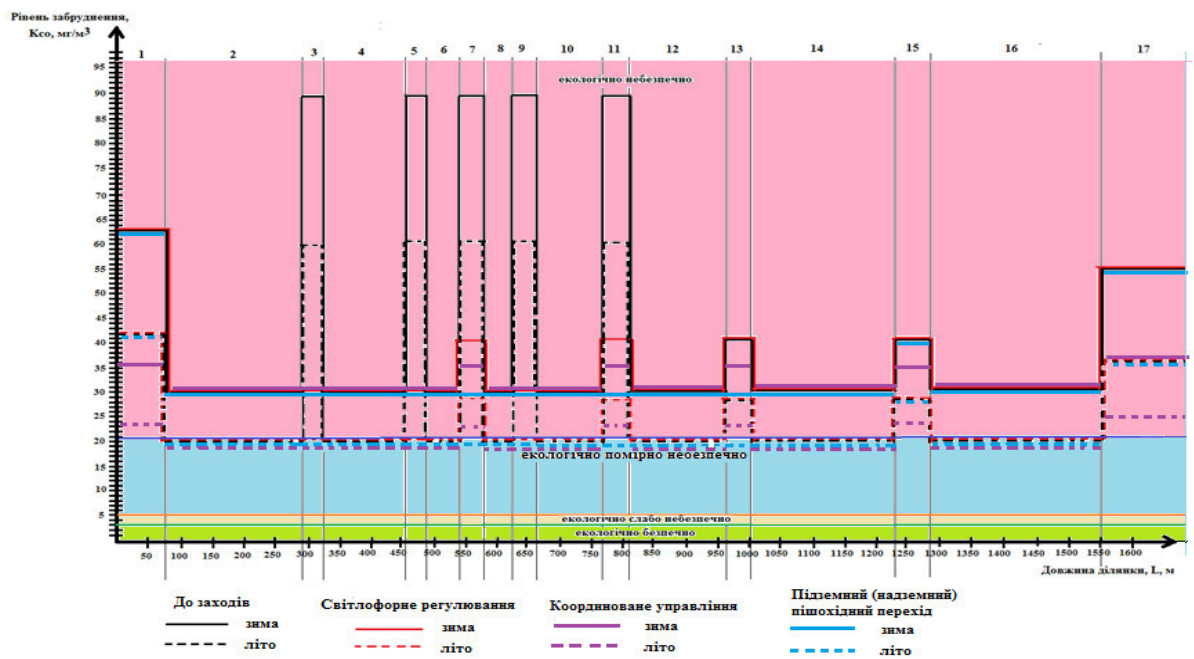


Рис. 5. Залежність рівня викидів оксиду вуглецю від схем ОДР

Варіант запровадження одностороннього руху на пр. Героїв Сталінграда потребує будівництва об'їзної дороги та витрат, пов'язаних з перенесенням тролейбусної контактної мережі. Для цього можна знайти територію, але потрібні великі капіталовкладення, крім того, це не виключає виникнення екологічно небезпечної ситуації. Варіант запуску ТЗ вздовж суміжних вулиць також не виключає значних витрат та екологічного навантаження на них.

Вздовж усього об'єкта дослідження є центри тяжіння транспорту (поліклініка, кафе, магазини, ринок, офіси), що призводить до збільшення руху ТЗ та формування стоянок біля тротуарів (хоча стоянка там заборонена). На більшості таких магістралей

міста є стоянки з обох боків руху ТЗ (наприклад, пр. Олександрівський, вул. Плеханівська), що призводить до зменшення пропускної здатності проїзних частин, оскільки в кожному напрямку одна смуга руху зайнята для паркування ТЗ. Робимо висновок, що одним з найоптимальніших рішень зміни ОДР на об'єкті дослідження є заборона паркування ТЗ на краю проїзної частини вздовж тротуару. Наприклад, це суттєво вплине на швидкісний режим руху на вулиці, а заборона паркування ТЗ з одного боку проїзної частини призведе до зменшення черги очікування ТЗ, тобто зміниться час роботи двигуна на холостому ході, що вплине на рівень забруднення.

У містах підвищити безпеку руху пішоходів можна шляхом запровадження регульованих пішохідних переходів [19]. Але найбільш оптимальним заходом для поліпшення екологічної безпеки було б облаштування надземного чи підземного пішохідного переходу. У районі, який досліджується, існує потрібна територія для облаштування надземних та підземних пішохідних переходів (нами штучно була скорочена їхня кількість). Занадто щільна підземна мережа комунікацій не дозволяє будувати останні, а надземні потребують великі капіталовкладення.

Можна організувати зміну світлофорного регулювання на більш завантажених перехрестях (пр. Героїв Сталінграда – пр. Гагарина – вул. Одеська), щоб у часи «пік» цикл світлофора змінювався і це б призводило до зменшення затримок руху ТЗ, але це нововведення потребує встановлення додаткового обладнання, зокрема модуля синхронізації часу за сигналами GPS.

### Висновки

Побудовані моделі залежності рівня забруднення атмосферного повітря залежно від рівня автомобілізації дозволяють спрогнозувати рівень екологічної безпеки в містах.

Аналіз результатів досліджень продемонстрував, що на пр. Героїв Сталінграда м. Харкова рівень забруднення повітря відповідає рівню «екологічно небезпечно». Запропонований варіант зниження забруднення шляхом запровадження світлофорного регулювання (або координованого керування) надає можливість знизити забруднення в 2,5 рази (на 60 %).

Наведені практичні рекомендації з поліпшення екологічного навантаження підтверджують необхідність у підборі найбільш раціональних сполучень заходів з ОДР. Але навіть найкращі сполучення не зможуть зменшити гранично допустимі концентрації. Вирішити проблему можна за умови комплексного підходу: зменшення токсичності викидів від кожного окремого ТЗ, раціональне планування та забудова примігстральних територій, газозахисних споруд, озеленення, а також удосконалення транспортно-планувальних характеристик ВДМ і поліпшення ОДР.

### Література

1. Grondys K. The impact of freight transport operations on the level of pollution in cities. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 39. Pp. 84–91.
2. Barnes J. H., Chatterton T. J., Longhurst J. W. S. Emissions vs exposure: Increasing injustice from road traffic-related air pollution in the United Kingdom. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. Vol. 73. Pp. 56–66.
3. European Environment Agency. Emissions of air pollutants from transport URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> (дата звернення: 07.07.2020).
4. Захаров Н. С., Шакирова Е. Ф. Прогнозирование количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. Иркутск, 2010. №1 (41). С. 202–206.
5. Grondys K., Kott I., Sukiennik K. Initiatives to reduce transport-related pollution in selected Polish cities. *Transportation Research Procedia*. 2016. Vol. 16. Pp. 104–109.
6. Информация об экологической ситуации в г. Харькове и мерах по ее улучшению URL: <https://pandia.ru/text/77/196/43656.php> (дата звернення: 07.07.2020).
7. Contribution of an environmental monitoring system to evaluate the potential effect of urban air pollution / Silva L. T., Mendes B., Oliveira C., Reis C., Silva J. F. *Procedia Structural Integrity*. 2019. Vol. 22. Pp. 130–136.
8. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport / Makarova I., Buyvol P., Magdin K., Pashkevich A., Shubenkova K. *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 44. Pp. 86–93.
9. Perspective of decreasing of road traffic pollution in the cities / Galkin A., Lobashov O., Sapayova S., Hodakova D., Schlosser T. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. 2018. No 4 (2). Pp. 547–554.
10. Pandian S., Gokhale S., Ghoshal A. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research. Part D Transport and Environment*. 2009. Vol. 14(3), 180–196.
11. Доля В. К., Лобашов О. О., Бурко Д. Л. Закономірності зміни рівня автомобілізації в Харкові. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПИ». Автомобіле- та тракторобудування*. 2010. № 1. С. 160–163.
12. Харків. Основні положення генерального плану. Державний комітет України з будівництва і архітектури, 2004. URL: <http://gromada.kh.ua/upload/userfiles/1/genplan.pdf> (дата звернення: 08.07.2020).
13. Шаповалов А. Л. Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха в придорожном

- пространстве. *Вестник ХНАДУ*. 2002. Вып.19. С.82–84.
14. Бурко Д. Л. Проблеми якості організації дорожнього руху у найзначніших містах України. *Наукові нотатки*. 2016. Вип. 55. С. 43–48.
  15. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for calculating on-time duration of the main cycle of a set of coordinated traffic lights. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol.20. Pp. 231–235.
  16. Вукан Р. Вучик Транспорт в городах, удобных для жизни. Москва, 2011. 576 с.
  17. Panis L., Broekx S., Liu R. Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits. *Science of the Total Environment*. 2006. Vol. 371(1-3). Pp. 270–285.
  18. Goryaev N., Myachkov K., Larin O. Optimization of “green wave” mode to ensure priority of fixed-route public transport. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol.36. Pp. 231–236.
  19. Improving safety on the crosswalks with the use of fuzzy logic / Makarova I., Shubenkova K., Mavrin V., Buyvol P. *Transport Problems* 2018. Vol. 13(1). Pp. 97–109.
- ### References
1. Grondys K. The impact of freight transport operations on the level of pollution in cities. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 39. Pp. 84–91.
  2. Barnes J. H., Chatterton T. J., Longhurst J. W. S. Emissions vs exposure: Increasing injustice from road traffic-related air pollution in the United Kingdom. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. Vol. 73. Pp. 56–66.
  3. European Environment Agency. Emissions of air pollutants from transport URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> (дата звернення: 07.07.2020).
  4. Zaharov N. S., Shakirova E. F. Prognozirovanie kolichestva legkovykh avtomobilej na ulichno-dorozhnoj seti goroda [Prediction of the number of cars on the city's road network]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta – Proceedings of Irkutsk State Technical University*, Irkutsk, 2010. No.1(41), pp. 202–206.
  5. Grondys K., Kott I., Sukiennik K. Initiatives to reduce transport-related pollution in selected Polish cities. *Transportation Research Procedia*. 2016. Vol. 16. Pp. 104–109.
  6. Informacija ob jekologičeskoj situacii v g. Har'kove i merah po ee uluchsheniju [Information on the environmental situation in Kharkov and measures to improve it]. Available at: <https://pandia.ru/text/77/196/43656.php> (Accessed: 07.07.2020).
  7. Contribution of an environmental monitoring system to evaluate the potential effect of urban air pollution / Silva L. T., Mendes B., Oliveira C., Reis C., Silva J. F. *Procedia Structural Integrity*. 2019. Vol. 22. Pp. 130–136.
  8. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport / Makarova I., Buyvol P., Magdin K., Pashkevich A., Shubenkova K. *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 44. Pp. 86–93.
  9. Perspective of decreasing of road traffic pollution in the cities / Galkin A., Lobashov O., Capayova S., Hodakova D., Schlosser T. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. 2018. No 4 (2). Pp. 547–554.
  10. Pandian S., Gokhale S., Ghoshal A. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research. Part D Transport and Environment*. 2009. Vol. 14(3), 180–196.
  11. Dolja V. K., Lobashov O. O., Burko D. L. Zkonomirnosti zminy rivnja avtomobilizacii v Harkovi [Patterns of changes in the level of motorization in Kharkov]. *Visnyk Nacional'nogo tehničeskogo universytetu «HPI». Avtomobile-ta traktorobuduvannja – Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor building*, Kharkiv, 2010. No. 1. Pp. 160–163.
  12. Harkiv. Osnovni polozhennja general'nogo planu. Derzhavnyj komitet Ukraïny z budivnyctva i arhitektury [Kharkiv. The main provisions of the general plan. State Committee of Ukraine for Construction and Architecture]. 2004. Available at: <http://gromada.kh.ua/upload/userfiles/1/genplan.pdf> (Accessed: 08.07.2020).
  13. Shapovalov A. L. Prognozirovanie zagrjaznenija atmosfernogo vozduha v pridorozhnom prostanstve [Prediction of air pollution in the roadside space]. *Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozh'nogo universiteta – Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*. 2002. No.19. Pp. 82–84.
  14. Burko D. L. Problemy jakosti organizacii dorozhn'ogo ruhu u najznachnishyh mistah Ukraïny [Problems of quality of traffic organization in the most important cities of Ukraine]. *Naukovi notatky – Scientific notes*. 2016. No. 55. Pp. 43–48.
  15. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for calculating on-time duration of the main cycle of a set of coordinated traffic lights. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol.20. Pp. 231–235.
  16. Вукан Р. Вучик. Transportation for Livable Cities. *CUPR/Transaction*, 1999, 376 p. (Рус. ed.: Вукан Р. Вучик Транспорт в городах, удобных для жизни. Moscow, 2011, 576 p.).
  17. Panis L., Broekx S., Liu R. Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic

- speed limits. *Science of the Total Environment*. 2006. Vol. 371(1-3). Pp. 270–285.
18. Goryaev N., Myachkov K., Larin O. Optimization of “green wave” mode to ensure priority of fixed-route public transport. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol.36. Pp. 231–236.
19. Improving safety on the crosswalks with the use of fuzzy logic / Makarova I., Shubenkova K., Mavrin V., Buyvol P. *Transport Problems* 2018. Vol. 13(1). Pp. 97–109.

**Холодова Ольга Олександрівна**, к.т.н., доц. каф. організації та безпеки дорожнього руху, [olgakholodova2807@ukr.net](mailto:olgakholodova2807@ukr.net), тел. +38 057-707-37-06;

**Семченко Наталія Олександрівна**, к.т.н., доц. каф. організації та безпеки дорожнього руху, [nat-semchenko@ukr.net](mailto:nat-semchenko@ukr.net), тел. +38 057-707-37-06;

**Левченко Олена Сергіївна**, ст. викл. каф. організації та безпеки дорожнього руху, [levchenkoelena77@gmail.com](mailto:levchenkoelena77@gmail.com), тел. +38 057-707-37-06,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, Харків.

#### Проблема загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом в г. Харьков

**Аннотация.** Рассмотрены математические прогнозные модели изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха передвижными транспортными средствами в зависимости от уровня автомобилизации в городе Харьков. Представлены практические рекомендации по улучшению экологической нагрузки на отдельных участках улиц города путем использования наиболее рациональных сочетаний мероприятий по организации дорожного движения.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, уровень автомобилизации, транспортный поток, транспортные средства, модели прогнозирования, организация дорожного движения.

**Холодова Ольга Александровна**, к.т.н., доц. каф. организации и безопасности дорожного движения, [olgakholodova2807@ukr.net](mailto:olgakholodova2807@ukr.net), тел. +38 057-707-37-06;

**Семченко Наталья Александровна**, к.т.н., доц. каф. организации и безопасности дорожного движения, [nat-semchenko@ukr.net](mailto:nat-semchenko@ukr.net), тел. +38 057-707-37-06;

**Левченко Елена Сергеевна**, ст. преп. каф. организации и безопасности дорожного движения, [levchenkoelena77@gmail.com](mailto:levchenkoelena77@gmail.com), тел. +38 057-707-37-06,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, Харьков.

#### The problem of air pollution by automobile transport in Kharkiv

**Abstract. Problem.** The main factors of air pollution by vehicles are the increase of the motorization level, the old-fashioned car fleet with low-quality fuel products, the insufficient road network traffic capacity and the unsatisfactory condition of the road surface. Thus, the paper highlights the problem of air pollution by automobile transportation in Kharkiv streets. **Goal.** The goal is to give practical recommendations, the consistent implementation of which will determine the most rational combination of measures to reduce the environmental pollution in cities by improving the organization of traffic on the city's road network. **Methodology.** The problem solution is possible by comprehensive influence on the level of pollution due to improving the transport planning characteristics of the road network and traffic organization simultaneously reducing emissions toxicity, improving vehicle unit assembly, using safer fuels as well as rational planning and construction of highways. **Results.** One-factor mathematical models, which are adequate with similar coefficients and can be used for modeling, have been developed predicting changes in the level of mobile vehicle air pollution that depends on the level of motorization in Kharkiv. **Originality.** To test the method of determining the level of air pollution on the city road, a section of one of the streets of Kharkiv, having certain shortcomings in the traffic management that affect the level of harmful substances emissions, was selected. There carbon monoxide concentration, whose level has been determined as "environmentally dangerous", has been determined under different traffic control schemes. This is especially true in the places where vehicles have to slow down until they stop. **Practical value.** Practical recommendations for improving the environmental load on the selected section of the street by using the most rational combinations of traffic control measures have been given.

**Key words:** air pollution, level of motorization, traffic flow, vehicles, prognostic models, traffic management.

**Kholodova Olha**, Ass. Prof., PhD Eng., Department "Organization and Road Safety", [olgakholodova2807@ukr.net](mailto:olgakholodova2807@ukr.net), tel. +38(057)707-37-06

**Semchenko Nataliia**, Ass. Prof., PhD Eng., Department "Organization and Road Safety", [nat-semchenko@ukr.net](mailto:nat-semchenko@ukr.net), tel. +38(057)707-37-06,

**Levchenko Olena**, Assistant Professor, Department "Organization and Road Safety", [levchenkoelena77@gmail.com](mailto:levchenkoelena77@gmail.com), tel. +38(057)707-37-06

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.