

© М. С. Галактионов, аспірант,
ORCID: 0009-0006-7949-5713,
e-mail: nikolay@galaktionov.com;
© В. І. Бредун, кандидат технічних наук,
доцент,
ORCID: 0000-0002-8214-3878
(Національний університет «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»)

© Mykola Halaktionov, Postgraduate,
ORCID: 0009-0006-7949-5713,
e-mail: nikolay@galaktionov.com;
© Viktor Bredun, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor,
ORCID: 0000-0002-8214-3878
(National University «Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic»)

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ КРИВОГО РОГУ

CHARACTERISTICS OF THE KRYVYI RIH TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Анотація. Кривий Ріг є одним із найбільших промислових центрів України, що обумовлює високе техногенне навантаження на довкілля, зокрема через значну кількість автотранспорту. Інтенсивний рух, затори та висока частка вантажного транспорту спричиняють забруднення повітря, підвищений шумовий фон і загрозу безпеці дорожнього руху. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні комплексної системи управління транспортною інфраструктурою, що дасть змогу оптимізувати рух, зменшити негативний вплив автотранспорту на довкілля та покращити якість життя мешканців міста.

Запропонована система управління транспортною інфраструктурою передбачає реалізацію низки заходів, спрямованих на модернізацію дорожньої мережі, оптимізацію транспортних потоків, розвиток громадського транспорту та стимулювання використання екологічно чистих видів транспорту. Одним із основних аспектів є впровадження інтелектуальних транспортних систем, що включає автоматизовані системи управління світлофорами, моніторинг дорожнього руху в реальному часі. Такі заходи сприятимуть зменшенню заторів, підвищенню пропускної здатності доріг та загальному покращенню мобільності населення.

Стимулювання використання електромобілів через розширення мережі зарядних станцій, надання фінансових пільг для їхніх власників, а також введення зон з обмеженим рухом для автомобілів із високим рівнем викидів дасть змогу зменшити рівень забруднення повітря. Додатково варто впроваджувати сучасні системи паркування з диференційованими тарифами та автоматизованим контролем, що сприятиме розвантаженню центральних районів міста від надмірного скупчення транспорту.

Комплексне впровадження зазначених заходів сприятиме створенню більш безпечної, екологічно чистої та ефективної транспортної системи у Кривому Розі.

Ключові слова: автотранспорт, екологія, забруднення повітря, транспортна інфраструктура, оптимізація руху, інтелектуальні транспортні системи, екологічний транспорт.

Abstract. Kryvyi Rih is one of the largest industrial centers in Ukraine, which results in a high level of technogenic environmental impact, particularly due to a significant number of motor vehicles. Intensive traffic, congestion, and a high share of freight transport contribute to air pollution, increased noise levels, and road safety risks. Consequently, there is a growing need to implement a comprehensive transport infrastructure management system to optimize traffic flow, reduce the negative environmental impact of motor vehicles, and improve the quality of life for city residents.

The proposed transport infrastructure management system includes a set of measures aimed at modernizing the road network, optimizing traffic flows, developing public transport, and promoting the use of environmentally friendly modes of transport. One of the key aspects is the introduction of intelligent transport systems (ITS), including automated traffic light control systems and real-time traffic monitoring. These measures will help reduce congestion, increase road capacity, and improve overall mobility.

Encouraging the use of electric vehicles by expanding the charging station network, providing financial incentives for owners, and introducing low-emission zones will help reduce air pollution. Additionally, the implementation of modern parking systems with differentiated tariffs and automated control will contribute to easing congestion in the central areas of the city. The comprehensive implementation of these measures will contribute to the creation of a safer, more environmentally friendly, and efficient transport system in Kryvyi Rih. This will significantly reduce pollutant emissions, improve air quality, optimize traffic flows, and enhance the comfort of urban residents. The sustainable development of the city's transport infrastructure will align with modern environmental and technological requirements, promote improved mobility, and ensure comfortable movement within the city.

Keywords: motor vehicles, ecology, air pollution, transport infrastructure, traffic optimization, intelligent transport systems, environmentally friendly transport.

Вступ

Кривий Ріг відіграє значну роль у розвитку промисловості України, особливо в Дніпропетровській області. Тут зосереджено близько 100 великих підприємств, що спеціалізуються на різних галузях, таких як чорна металургія, машинобудування, виробництво будівельних матеріалів, хімічна, поліграфічна, легка та харчова промисловість.

Місто потребує комплексної модернізації транспортної інфраструктури, яка б відповідала сучасним вимогам екологічної безпеки та якості обслуговування. Транспортна система має забезпечити швидке, безпечне та комфортне пересування містом, мінімізувавши при цьому вплив на довкілля та здоров'я населення.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. У численних наукових працях досліджуються особливості функціонування транспортних систем у великих містах [1-3]. Особлива увага приділяється проблемі забруднення навколишнього середовища автотранспортом, зокрема викидам шкідливих речовин в атмосферу, що негативно впливають на здоров'я населення та екосистеми [4-6]. Для вирішення цих проблем пропонуються різноманітні інструменти, серед яких розвиток інфраструктури для екологічно чистого транспорту, впровадження інноваційних технологій управління рухом і формування сприятливих умов для пішоходів та велосипедистів [7, 8].

Аналіз проблеми. Застаріла транспортна інфраструктура, що характеризується зношеністю доріг та мостів, недостатньою пропускною здатністю та відсутністю адаптації до сучасних вимог, є наслідком недостатнього фінансування, відсутності довгострокових планів розвитку та зміни транспортних потреб населення. Це призводить до низки проблем, таких як затори, підвищений рівень шуму та забруднення повітря, що негативно впливає на якість життя мешканців.

Постановка завдання. Мета дослідження полягає в комплексному аналізі існуючих проблем транспортної інфраструктури міста Кривий Ріг задля розробки ефективних стратегій та заходів їх вирішення. Особлива увага буде приділена виявленню вузьких місць у транспортній системі, оцінці їхнього впливу на якість життя мешканців та розробці рекомендацій щодо оптимізації транспортних потоків,

підвищення безпеки руху та зменшення негативного впливу транспорту на довкілля.

Основна частина

Кривий Ріг – це велике індустріальне місто обласного підпорядкування Дніпропетровської області, територія міста складає понад 431,4 км² (протяжність з півночі на південь – 126 км, ширина до 20 км), населення становить 646 000 мешканців [9].

У Кривому Розі функціонує розгалужена мережа доріг загальною протяжністю 2787,8 км, яка займає площу понад 27 000 м². Більша частина цієї мережі, а саме 2070 км доріг, перебуває в комунальній власності міста. Окрім доріг, місто утримує ще 94 мости та шляхопроводи [10].

Як потужний промисловий центр, Кривий Ріг має розвинену транспортну інфраструктуру. Місто з'єднане з іншими регіонами країни за допомогою чотирьох основних автошляхів Н-11, Н-23, Р 74, Т-0434 та залізничної мережі з центральною станцією Кривий Ріг-Головний.

Транспортна система Кривого Рогу пропонує широкий спектр послуг включає 99 міських маршрутів, 17 приміських сполучень та 46 залізничних маршрутів. Місто має розвинену мережу громадського транспорту, представлену автобусами 12 маршрутів, маршрутними таксі 46 маршрутів, тролейбусами 23 маршрути, трамваями 17 маршрутів і швидкісним трамваем 4 маршрути [11]. Таке різноманіття транспортних засобів дає змогу мешканцям дістатися до роботи, навчальних закладів та інших місць призначення. Крім того, розвинена мережа залізничних сполучень забезпечує зв'язок міста з іншими регіонами. Однак, незважаючи на значну протяжність маршрутної мережі, існують проблеми, пов'язані з координацією роботи різних видів транспорту, застарілістю рухомого складу та недостатньою кількістю паркувальних місць.

Постійне зростання кількості автомобілів у місті створює значне навантаження на дорожню інфраструктуру, що призводить до необхідності постійних ремонтів і реконструкції доріг. Недостатність інвестицій у модернізацію доріг, відсутність ефективних систем управління рухом, зростання кількості приватних транспортних засобів у Кривому Розі призводить до низки проблем, таких як затори на дорогах, особливо в години пік, збільшення

викидів шкідливих речовин в атмосферу, що негативно впливає на екологію міста, та дефіцит паркувальних місць, що ускладнює рух громадського транспорту та створює незручності для мешканців.

Для вирішення цих проблем необхідно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на розвиток громадського транспорту, стимулювання використання велосипедів та електромобілів, а також оптимізацію дорожньої мережі.

Для створення ефективної та екологічно чистої транспортної системи необхідний комплексний підхід, що включає оптимізацію руху транспорту за допомогою інтелектуальних систем, розвиток громадського транспорту та альтернативних видів пересування, а також впровадження заходів зі стимулювання екологічно чистого транспорту. Такий підхід дозволить не лише зменшити затори та забруднення повітря, але й підвищити якість життя

мешканців міста, сприяти його економічному розвитку та збереженню довкілля.

З метою оцінки впливу різних типів автотранспорту на стан дорожнього руху та екологічну ситуацію в місті проведено порівняльні спостереження за інтенсивністю транспортних потоків та їхньою структурою у 2021 і 2024 роках. На основі отриманих даних щодо кількості легкових, вантажних, пасажирських транспортних засобів і мототранспорту в різних районах Кривого Рогу побудовано графіки, які відображають динаміку змін транспортного навантаження та дають змогу проаналізувати внесок кожної категорії транспорту в загальну транспортну ситуацію.

Візуалізація результатів представлена у вигляді порівняльних графіків, що дає змогу виявити ключові тенденції розвитку транспортної системи міста (рис. 1).



Рис. 1. Динаміка змін транспортного навантаження

Аналіз побудованих графіків свідчить про відмінні тенденції у динаміці різних видів автотранспорту. Загальна кількість легкових автомобілів зростає майже на всіх спостережуваних ділянках, що вказує на зростання рівня автомобілізації. Водночас спостерігається скорочення обсягів пасажирського транспорту, що, ймовірно, пов'язано з переорієнтацією мешканців на використання приватних авто. Ванта-

жний транспорт демонструє загальну тенденцію до зростання, хоча в окремих точках зафіксовано незначне зменшення. Кількість мототранспорту також збільшується, особливо в районах з інтенсивним рухом на ключових перехрестях.

Окремі ділянки, зокрема перехрестя проспекту Миру та вулиці Лермонтова, характеризуються високою концентрацією усіх типів

транспортних засобів, що свідчить про їхнє важливе значення в загальній транспортній структурі міста.

Зростання кількості вантажного транспорту може бути зумовлене підвищенням економічної активності, а збільшення мототранспорту – прагненням населення до більш мобільних та швидких засобів пересування. Різноманітна динаміка за окремими видами транспорту підкреслює необхідність системного

підходу до вирішення транспортних та екологічних проблем. Збільшення легкового, вантажного та мототранспорту безпосередньо впливає на підвищення обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, що потребує впровадження ефективних організаційно-технічних заходів.

За результатами досліджень розроблено систему управління зі зменшення впливу автотранспорту на навколишнє середовище та складено схему заходів (рис. 2).

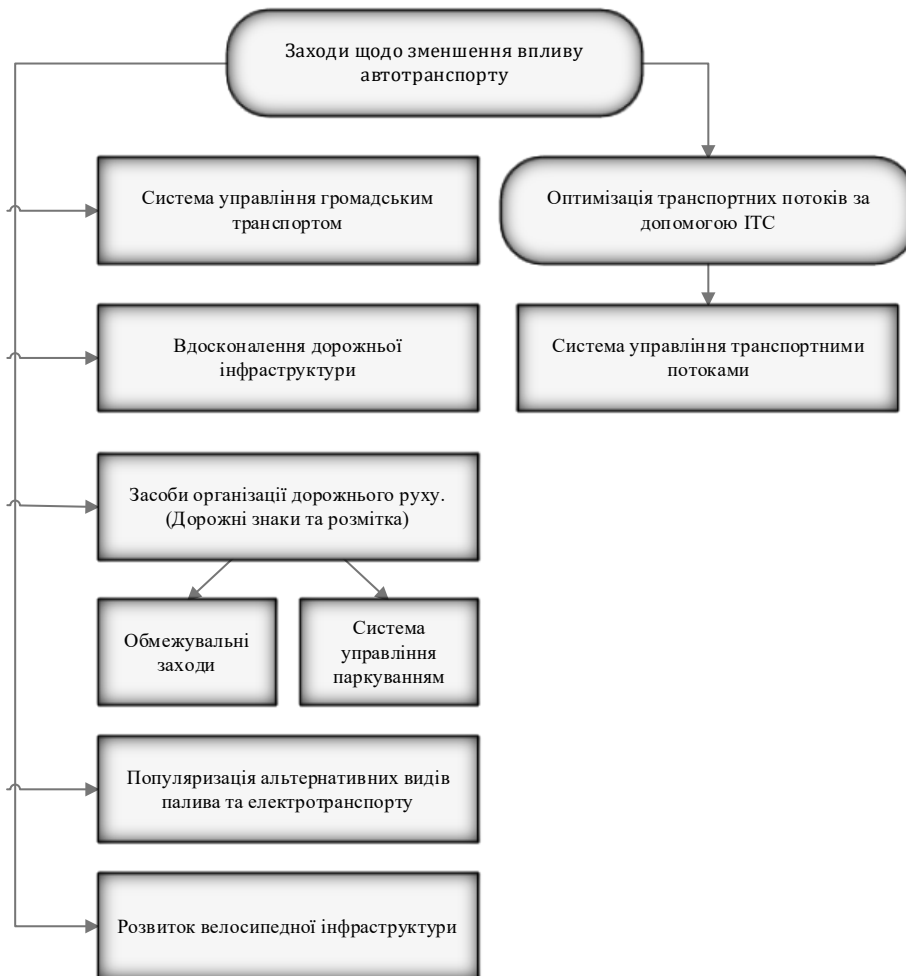


Рис. 2. Заходи щодо зменшення впливу автотранспорту

Схема представляє заходи щодо зменшення впливу автотранспорту на довкілля. Заходи можна поділити на два напрямки, система управління транспортно інфраструктурою та оптимізація транспортних потоків за допомогою інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Система управління транспортною інфраструктурою охоплює комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності транс-

портної системи, зменшення заторів, покращення екологічної ситуації та підвищення безпеки дорожнього руху. Вона включає покращення дорожньої інфраструктури, що передбачає реконструкцію та розширення існуючих доріг, створення нових магістралей і об'їзних шляхів для розвантаження центральних районів, будівництво багаторівневих розв'язок, а

також застосування сучасних матеріалів і технологій для підвищення якості дорожнього покриття.

Організація дорожнього руху є ще одним важливим аспектом, який включає чітке та зрозуміле маркування доріг, використання світловідбивних матеріалів, встановлення сучасних дорожніх знаків, інформаційних табло та адаптивних світлофорів, що змінюють режими роботи залежно від інтенсивності руху. Важливим заходом є також виділення смуг для громадського транспорту та створення велосипедних доріжок, що сприяє розвитку альтернативних способів пересування.

Важливим напрямом є розвиток екологічного громадського транспорту, зокрема розширення маршрутів електротранспорту (тролейбусів і трамваїв), впровадження сучасних автобусів на альтернативних видах палива, створення виділених смуг для громадського транспорту, що дасть змогу зменшити залежність міста від приватних автомобілів.

Одночасно необхідно розвивати інфраструктуру для велосипедного транспорту, передбачаючи будівництво нових велодоріжок, створення велопарковок та інтеграцію велосипедного транспорту в загальну транспортну систему міста.

Значну роль у зниженні негативного впливу транспорту відіграють такі заходи: створення зон обмеженого руху для автомобілів із високими рівнями викидів, впровадження ефективної системи паркування з розумними парковками та динамічним ціноутворенням, обмеження швидкісного режиму в житлових районах та поблизу об'єктів соціальної інфраструктури тощо.

Популяризація альтернативного палива та електротранспорту включає розвиток мережі зарядних станцій для електромобілів, запровадження фінансових стимулів для придбання екологічно чистого транспорту та підтримку громадського електротранспорту, такого як тролейбуси та трамваї.

Окремим напрямом є розвиток велосипедної інфраструктури, що передбачає будівництво нових та модернізацію існуючих велосипедних доріжок, створення безпечних маршрутів у міських районах, встановлення станцій велопрокату та інтеграцію велосипедного транспорту з громадським. Інформаційні кампанії сприятимуть популяризації велосипедів як екологічного та зручного засобу пересування.

Створення розгалуженої мережі велодоріжок і велопарковок, стимулювання використання велосипедів та самокатів для коротких міських поїздок допоможе зменшити рівень автомобілізації та покращити екологічну ситуацію.

Оптимізація транспортних потоків за допомогою ІТС дозволить оптимізувати світлофорні фази, адаптувати їх до реального часу, використовувати системи динамічної інформації для водіїв та впроваджувати системи моніторингу транспортних потоків.

Висновки

Для Кривого Рогу, як міста з високою концентрацією промислових підприємств та значним обсягом автомобільного трафіку, ефективне управління транспортною інфраструктурою є ключовим фактором у зниженні рівня забруднення повітря та покращенні мобільності населення. Велика протяжність міста, особливості його планування та висока концентрація вантажного транспорту створюють суттєві виклики для транспортної системи, що впливає як на якість повітря, так і на загальний рівень комфорту та безпеки дорожнього руху.

У межах дослідження транспортної інфраструктури Кривого Рогу було здійснено комплексну оцінку інтенсивності руху автотранспорту, структури транспортних потоків та швидкісних режимів на 27 ключових ділянках міста. Спостереження проводились у різні роки (2021, 2024), що дало змогу простежити динаміку змін.

За результатами спостережень найбільшу інтенсивність транспортного потоку зафіксовано на кільці 95 кварталу (86 478 авт./добу), вул. Вільної Ічкерії (81 852 авт./добу) та перехресті проспекту Металургів і Нікопольського шосе (68 723 авт./добу).

Визначено збільшення кількості легкового, вантажного та мототранспорту у 2024 році порівняно з 2021 роком, що свідчить про зростання рівня автомобілізації.

Впровадження комплексної системи управління транспортною інфраструктурою є необхідною умовою для мінімізації негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля. Основними напрямками такої системи є модернізація дорожньої інфраструктури, оптимізація транспортних потоків, інтеграція інтелектуальних транспортних систем (ІТС), ро-

звиток громадського транспорту, популяризація електротранспорту та велосипедної мобільності.

Покращення дорожньої інфраструктури, зокрема реконструкція основних магістралей, впровадження сучасних дорожніх розв'язок, чітка організація руху із застосуванням розумних світлофорів і розмітки, сприятимуть зменшенню заторів та підвищенню пропускної здатності доріг. Важливим кроком є впровадження системи моніторингу транспортних потоків, що дасть змогу в реальному часі оцінювати ситуацію на дорогах та оперативно коригувати режими руху.

Розвиток громадського транспорту, включаючи розширення маршрутів електротранспорту, створення виділених смуг для автобусів і трамваїв, а також впровадження екологічно чистих транспортних засобів (електробусів, гібридних автобусів), дасть змогу зменшити кількість приватного транспорту на дорогах. Крім того, створення сучасної системи управління паркуванням, зокрема введення зон із диференційованими тарифами та обмеженням руху приватного транспорту в центральних районах, знизить навантаження на дорожню мережу.

Особливу увагу варто приділити розвитку альтернативних видів транспорту. Водночас розвиток зарядної інфраструктури для електромобілів, впровадження пілг та стимулюючих заходів для власників екологічно чистого транспорту сприятимуть зниженню рівня шкідливих викидів.

Загалом, реалізація комплексної стратегії управління транспортною інфраструктурою дозволить значно зменшити рівень викидів забруднювальних речовин у повітря, підвищити безпеку дорожнього руху, зменшити затори та покращити мобільність населення. Комплексний підхід до розвитку транспортної системи Кривого Рогу сприятиме створенню комфортного, екологічно безпечного та сучасного міського простору, що відповідатиме вимогам сталого розвитку.

References

1. Kashkanov, A., & Palchevskiy, O. (2022). Problems of transport systems functioning of Ukraine large cities in modern conditions. *Advances In Mechanical Engineering And Transport*, 1, 18, 87-97. Retrieved from <https://doi.org/10.36910/automash.v1i18.764>
2. Borsuk, Y. (2019). Human-geographical problems of transport connection in the zone of large and medium cities (on the example of the Lviv region). *У XXth All-Ukrainian Student Scientific Conference "Realities, problems and prospects of the development of geography in Ukraine"*.
3. Kuropiatnyk, O. & Krasnoshchok, O. (2022). Prospects for the introduction of cable car transport. *Transportation systems and technologies*, 1, 237–246. DOI:10.32703/2617-9040-2022-40-21
4. Hu, Q., Bian, L., & Lin, J. (2021). Temporal and spatial diagnostic model of vehicle gas pollutants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 6. DOI:10.1007/s10661-021-09111-0
5. Union of Concerned Scientist. (2008). *Cars, Trucks, Buses and Air Pollution*. (n.d.). Retrieved from <https://www.ucsusa.org/resources/cars-trucks-buses-and-air-pollution>
6. Wang, J., Wu, Q., Liu, J., Yang, H., Yin, M., Chen, S., ... Huang, Q. (2019). Vehicle emission and atmospheric pollution in China: problems, progress, and prospects. *PeerJ*, 7, Statya e6932. DOI: 10.7717/peerj.6932
7. Venzhega, V., & Pasov, H. (2019). Decreasing of the motor vehicle effect on the environment. *Technical sciences and technologies*, 4, 18, 28–35. DOI: 10.25140/2411-5363-2019-4(18)-28-35.
8. Alanazi, F. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences*, 13, 10, 6016. DOI: 10.3390/app13106016
9. Executive Committee of Kryvyi Rih City Council. (2021). *Kryvyi Rih in figures and facts 2021* (n. d.). Retrieved from https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy_rih_facts_2021.pdf
10. Executive Committee of the Kryvyi Rih City Council. (2011). A new bypass road is being built in Kryvyi Rih, the traffic on which will allow to “unload” the city center | Official website of the Kryvyi Rih City Council and its Executive Committee. (n.d.). Retrieved from https://kr.gov.ua/ua/news/pg/120811718893318_n/
11. Easyway. (2024). *Kryvyi Rih*. Retrieved from <https://www.eway.in.ua/ua/cities/kryvyirih/routes>