

© М.С. Галактіонов, аспірант кафедри  
прикладної екології  
ORCID: 0009-0006-7949-5713  
e-mail: nikolay@galaktionov.com  
© В.І. Бредун, канд. техн. наук, доцент  
ORCID: 0000-0002-8214-3878  
(Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»)

© Mykola Halaktionov, Postgraduate at  
the Department of Applied Ecology  
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»)

## РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У МІНІМІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ

### THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS IN MINIMIZING AIR POLLUTION

**Анотація.** Забруднення атмосферного повітря автотранспортом є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасних міст, особливо промислових центрів, таких як Кривий Ріг. Висока інтенсивність руху транспорту, перевантаженість доріг та неефективне керування трафіком призводять до підвищення концентрацій шкідливих речовин, що негативно впливають на здоров'я населення та стан навколишнього середовища. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інноваційних підходів до регулювання транспортних потоків із використанням сучасних технологій, зокрема інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Досліджено можливості застосування ІТС для мінімізації впливу автотранспорту на довкілля. Проаналізовано основні методи та інструменти, що використовуються в ІТС, включаючи системи моніторингу трафіку, адаптивне керування світлофорним регулюванням, математичні моделі прогнозування рівня забруднення повітря та технології штучного інтелекту для аналізу транспортних потоків. Особливу увагу приділено розробці комплексної системи, яка інтегрує управління дорожнім рухом із системами екологічного моніторингу, що дає змогу оперативно реагувати на зміну ситуації та вживати заходів для зниження рівня викидів.

Запропонована схема оптимізації транспортних потоків базується на кількох ключових етапах: збиранні вихідних даних за допомогою датчиків і камер спостереження, обробці інформації за допомогою аналітичних алгоритмів, регулюванні дорожнього руху на основі екологічних показників та оцінці ефективності впроваджених заходів. Використання такої системи дозволяє зменшити кількість заторів, скоротити час перебування транспорту в режимі очікування та знизити рівень забруднення повітря.

Реалізація ІТС у міському середовищі сприятиме не лише екологічній безпеці, а й підвищенню комфорту мешканців, ефективності роботи громадського транспорту та загальному покращенню транспортної інфраструктури. Комплексний підхід до оптимізації дорожнього руху може стати важливим кроком у напрямі сталого розвитку міст та зменшення негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

**Ключові слова:** забруднення повітря, оптимізація транспортних потоків, викиди автотранспорту, інтелектуальні транспортні системи, екологічний вплив, міський трафік.

**Abstract.** Air pollution caused by motor vehicles is one of the most pressing environmental issues in modern cities, especially in industrial centers such as Kryvyi Rih. High traffic intensity, road congestion, and inefficient traffic management contribute to increased concentrations of harmful substances, negatively affecting public health and the environment. This necessitates the implementation of innovative approaches to traffic regulation using modern technologies, particularly intelligent transportation systems (ITS).

This paper explores the potential application of ITS to minimize the environmental impact of motor vehicles. The main methods and tools used in ITS are analyzed, including traffic monitoring systems, adaptive traffic light control, mathematical models for predicting air pollution levels, and artificial intelligence technologies for traffic flow analysis. Special attention is given to the development of a comprehensive system that integrates traffic management with environmental monitoring systems, allowing for real-time response to changing conditions and the implementation of measures to reduce emissions.

The proposed traffic flow optimization scheme is based on several key stages: data collection using sensors and surveillance cameras, data processing through analytical algorithms, traffic regulation based on environmental indicators, and evaluation of the effectiveness of implemented measures. The use of such a system reduces congestion, shortens vehicle idle time, and lowers air pollution levels.

The implementation of ITS in urban environments will contribute not only to environmental safety but also to improved comfort for residents, increased efficiency of public transport, and overall enhancement of transportation infrastructure. A comprehensive approach to traffic optimization can become a crucial step toward sustainable urban development and reducing the negative impact of motor vehicles on the environment.

**Keywords:** intelligent transportation systems, traffic flow optimization, emission prediction, environmental monitoring, adaptive traffic control, urban transport.

## Вступ

У сучасному світі, де технологічний прогрес розвивається надзвичайно швидко, питання ефективного регулювання дорожнього руху у великих містах стає все більш актуальним. Особливо це стосується таких промислових центрів, як Кривий Ріг, де інтенсивність руху транспорту є досить високою. Транспорт є одним із потужних джерел забруднення атмосферного повітря, особливо у великих містах. Викиди шкідливих речовин від автомобілів, таких як оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні та тверді частки, негативно впливають на здоров'я людей та екологічну ситуацію загалом.

Впровадження новітніх технологій, таких як інтелектуальні транспортні системи (ІТС), може стати ключовим фактором не тільки для оптимізації дорожнього руху в Кривому Розі, а й для зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. ІТС включають різноманітні рішення, від систем моніторингу трафіку в реальному часі до адаптивних світлофорів, які можуть змінювати свій режим роботи залежності від завантаженості доріг.

**Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій.** Оптимізація автомобільного руху є ключовим інструментом для зменшення негативного впливу на екологію, тому це питання активно досліджується у багатьох наукових роботах. Для досягнення різних цілей, зокрема зменшення викидів від транспорту, використовуються різноманітні методи та технології. Серед них – ІТС, адаптивне керування рухом, екологічні зони, а також розвиток громадського та альтернативного транспорту. Особлива увага в багатьох дослідженнях приділяється розвитку інтелектуальних транспортних систем [1-3].

Вивчення поєднання інтелектуальних транспортних систем та штучного інтелекту дає змогу більш ефективно аналізувати транспортні потоки, прогнозувати затори, оптимізувати роботу світлофорів і мінімізувати шкідливі викиди. Це сприяє створенню екологічно сталих та безпечних міських транспортних систем [2].

Використання інтелектуальних транспортних систем для вирішення проблем зміни клімату, зокрема викидів парникових газів, також є предметом досліджень [3].

У наукових роботах розглядаються підходи до управління транспортними потоками та системи паркування [4, 5].

З огляду на постійне збільшення кількості автомобілів і різноманітність транспортних потоків, впровадження ІТС є надзвичайно важливим для розробки стратегій зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на можливість сучасних технологій ІТС та системи моніторингу якості повітря часто існують окремо, належним чином не інтегровані. Особливо гостро ця проблема відчувається в таких промислових містах, як Кривий Ріг, де стара система регулювання дорожнього руху не враховує комплексно дані про транспортні потоки та рівень забруднення повітря.

Через відсутність інтеграції, ефективність заходів із покращення екологічної ситуації залишається обмеженою. Наприклад, інформація про завантаженість доріг, типи транспорту та їхні маршрути не використовується для прийняття рішень щодо зменшення викидів. В умовах значного промислового навантаження, яке характерне для Кривого Рогу, неефективність традиційних методів регулювання дорожнього руху лише посилює екологічні ризики.

Для вирішення цієї проблеми необхідно створити єдину платформу, яка б об'єднала дані про транспорт, забруднення повітря та промислові викиди. Це дасть змогу аналізувати вплив транспорту на екологію та оперативно реагувати на зміни ситуації, замість того, щоб покладатися на застарілі методи.

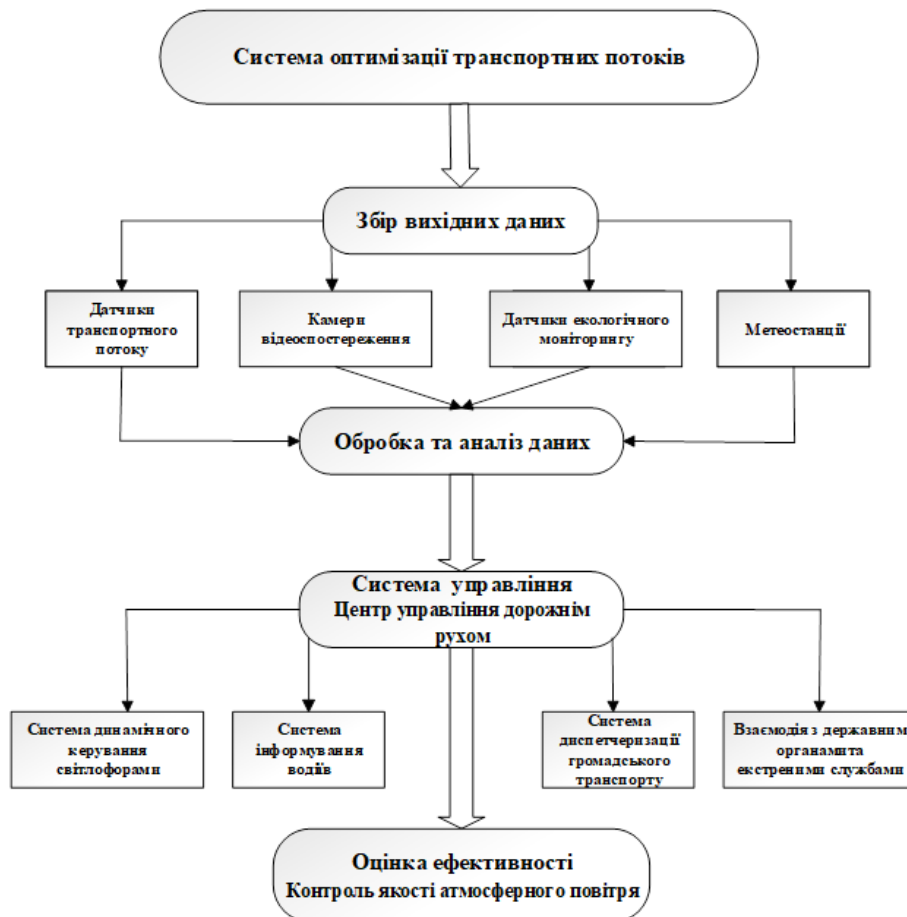
**Постановка завдання.** Це дослідження має на меті створити єдину систему, яка б допомагала оптимізувати рух транспорту, враховуючи при цьому екологічну ситуацію в Кривому Розі. *Головна мета* – об'єднати ІТС системи з системою екологічного моніторингу міста.

## Основна частина

Система оптимізації транспортних потоків – це комплексний підхід, який включає різноманітні заходи, інструменти та технології для досягнення максимальної ефективності використання дорожньої інфраструктури. Її головна мета – зменшити затори на дорогах,

а й мінімізувати його негативний вплив на навколишнє середовище, що є особливо важливим для промислових міст, таких як Кривий Ріг.

Оптимізація транспортних потоків є складним завданням через численні обмеження, що ускладнюють формалізацію проце-



**Рис. 1.** Блок-схема «Система оптимізації транспортних потоків»

скоротити час, який люди витрачають у дорозі, та мінімізувати негативний вплив транспорту на навколишнє середовище.

На жаль, у таких містах як Кривий Ріг, досі часто використовуються застарілі методи регулювання дорожнього руху, які не враховують сучасні технології та вимоги екологічної безпеки. Тому існує нагальна потреба у переході на нові, більш ефективні системи оптимізації транспортних потоків.

З огляду на сучасні технології управління дорожнім рухом та актуальні вимоги до екологічної стійкості, було розроблено схему системи оптимізації транспортних потоків (рис. 1). Вона базується на комплексному аналізі даних про транспортні потоки та застосуванні інтелектуальних алгоритмів. Це дає змогу не тільки ефективно регулювати рух транспорту,

сів управління рухом та часто призводить до використання емпіричних методів. У цьому контексті, ІТС є перспективним напрямом, що дає змогу вирішувати різноманітні завдання, зокрема:

1. Оцінка рівня забруднення: ІТС можуть збирати дані про інтенсивність руху, погодні умови та інші фактори, що впливають на рівень забруднення повітря, і на основі цієї інформації оцінювати поточний стан екологічної ситуації.

2. Застосування превентивних заходів: ІТС можуть використовувати отриману інформацію для застосування превентивних заходів, спрямованих на зменшення викидів. Наприклад, вони можуть регулювати режими роботи світлофорів для оптимізації руху та зменшення заторів або ж рекомендувати водіям

альтернативні маршрути, щоб зменшити навантаження на найбільш забруднені ділянки доріг.

3. Контроль якості повітря в реальному часі: ІТС забезпечують можливість контролю якості повітря наживо, що є особливо важливим для перевантажених ділянок дорожньої мережі, де рівень забруднення може перевищувати допустимі норми.

Таким чином, ІТС є важливим компонентом сучасної транспортної інфраструктури, спрямованим на підвищення екологічної ефективності та забезпечення комфорту і безпеки для всіх учасників дорожнього руху.

Система оптимізації руху складається з кількох ключових етапів, кожен з яких має вирішальне значення для ефективного функціонування дорожньої мережі та зниження екологічного навантаження:

#### 1. Збір вихідних даних

На цьому етапі здійснюється моніторинг транспортних потоків за допомогою датчиків, камер відеоспостереження, GPS-трекерів та інших сенсорів [6-8]. Паралельно збираються відомості про погодні умови та рівень забруднення повітря для врахування зовнішніх факторів [9].

#### 2. Обробка та аналіз інформації

Отримані дані надходять до аналітичних систем, де вони обробляються за допомогою інтелектуальних алгоритмів та спеціалізованого програмного забезпечення. Це дає змогу визначити інтенсивність руху, виявити затори та спрогнозувати потенційні проблеми на дорогах.

#### 3. Система управління

На основі аналізу даних система генерує оптимальні маршрути, регулює роботу світлофорів і пропонує альтернативні напрямки руху для мінімізації заторів. Також враховуються екологічні показники, що дає змогу зменшити рівень викидів забруднюючих речовин. Оптимізовані рішення передаються до центрів управління дорожнім рухом, диспетчерських служб громадського транспорту та відображаються на інформаційних табло або в мобільних застосунках для водіїв та пішоходів [10].

#### 4. Оцінка ефективності

Завершальний етап передбачає оцінку ефективності впроваджених заходів шляхом аналізу змін у транспортних потоках, рівня заторів і обсягів шкідливих викидів. Це дає змогу

коригувати стратегію оптимізації та підвищувати її результативність.

Поетапна реалізація цих заходів є частиною комплексного підходу до розвитку міської транспортної інфраструктури. Такий підхід не лише розв'язує актуальні проблеми дорожнього руху, а й створює умови для подальшої модернізації транспортної системи відповідно до екологічних стандартів і зростаючих потреб міста.

Завдяки впровадженню інтелектуальних рішень у сфері управління трафіком, місто отримує не лише ефективну транспортну систему, а й покращить екологічну ситуацію, забезпечуючи комфортніші та здоровіші умови життя для мешканців.

### Висновки

Запропонована схема оптимізації дорожнього руху – це інтегрований підхід, який поєднує моніторинг, аналіз даних, прогнозування та реалізацію рішень для зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище, особливо в умовах промислового міста, яким є Кривий Ріг.

Система передбачає постійний контроль транспортних потоків та якості повітря, використання сучасних аналітичних інструментів для виявлення зон підвищеного забруднення та розробки ефективних рішень.

Реалізація таких підходів дає змогу не лише зменшити рівень забруднення атмосфери, а й підвищити ефективність міського трафіку, поліпшити якість життя мешканців та сприяти сталому розвитку. Особлива увага приділяється специфічним викликам промислових регіонів, де концентрація шкідливих викидів є найбільшою.

Досягнення максимального ефекту можливе завдяки тісній взаємодії місцевої влади, наукових установ і громадськості, а також реалізації відповідних організаційно-правових і технічних заходів. Такий підхід сприятиме формуванню екологічно безпечного та комфортного міського середовища.

### References

1. Kliuiev, S. A., Sihonin, A. E., & Tsymbal, S. V. (2024). Development of intelligent transport systems. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 18(2), 80–86. doi:10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86
2. Sharma, S., & Mishra, S. (2012). Intelligent Transportation Systems-Enabled Optimal

Emission Pricing Models for Reducing Carbon Footprints in a Bimodal Network. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 17(1), 54–64. doi:10.1080/15472450.2012.708618

3. Gkritza, K., & Karlaftis, M. G. (2013). Intelligent Transportation Systems Applications for the Environment and Energy Conservation (Part 1). *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 17(1), 1–2. doi:10.1080/15472450.2013.747826

4. ALEKO, D. R., & Djahel, S. (2020). An Efficient Adaptive Traffic Light Control System for Urban Road Traffic Congestion Reduction in Smart Cities. *Information*, 11(2). doi:10.3390/info11020119

5. Matuschenko K. S. (2020). Artificial intelligence driving the development of autonomous vehicles. Retrieved from [https://informatika.udpu.edu.ua/?page\\_id=6731](https://informatika.udpu.edu.ua/?page_id=6731)

6. Dynamic Road Traffic Signals Control

System with help of IR Sensors. (b. d.). Vzyato z <https://www.elprocus.com/dynamic-road-traffic-signal-control/>

7. DOZOR - systema kontrolyu ta vy-yavleniya pravoporushen' | IPCOM. (b. d.). Vzyato z <https://ipcom.ua/uk/dozor>

8. GPS monitorynh transportu. (b. d.). Vzyato z <https://skt-globus.com.ua/gps-monitoring-transportu/>

9. Yakist' povitrya u misti Kryvyy Rih, Dnipropetrovs'ka oblast' onlayn: karta yakosti atmosferneho povitrya Ukrayiny - SaveEcoBot. (b. d.). Vzyato z <https://www.saveecobot.com/maps/kryvyy-rih>

10. Malygin, I., Seliverstov, Y., Seliverstov, S., Silnikov, M., Muksimova, R., Gergel, G., ... Fahmi, S. (2020). Mobile Technologies in Intelligent Transportation Systems. 384–391. doi:10.1007/978-3-030-37436-5\_33