

УДК 625.7

Бондаренко Л. П.¹, канд. техн. наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-8239-065X>
Неізвестний С. В.², <https://orcid.org/0000-0002-8888-313X>

¹Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ, Україна

²Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»), м. Київ, Україна

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація

Вступ. Інтенсивний розвиток автомобільного транспорту супроводжується зростанням навантаження на мережу автомобільних доріг, що зумовлює поступове погіршення умов руху, зниження середніх швидкостей руху та зростання затримок. За таких умов актуальним є завдання своєчасного визначення моменту втрати ефективності функціонування ділянок автомобільних доріг та обґрунтування доцільності їх реконструкції.

Проблематика. Більшість наявних підходів до оцінювання пропускної здатності автомобільних доріг ґрунтуються на порівнянні фактичної інтенсивності руху з нормативними значеннями та не враховують значним чином вплив перехрещень, примикань і структури транспортного потоку. Це призводить до обмеженої точності при визначенні реального рівня ефективності функціонування дорожніх ділянок.

Мета. Метою дослідження є розроблення методики визначення потреби в реконструкції ділянки автомобільної дороги на основі аналізу вільних інтервалів руху та прогнозування зміни інтенсивності руху з часом.

Матеріали й методи. Запропонована методика базується на комплексному поєднанні результатів натурних спостережень, аналітичних розрахунків кількості вільних інтервалів руху, визначенні максимально допустимої інтенсивності руху та прогнозуванні транспортного попиту із застосуванням логістичної моделі. Для оцінювання ефективності функціонування використано критерій граничної кількості вільних часових інтервалів руху.

Результати. Запропоновано підхід до визначення граничної інтенсивності руху, при досягненні якої умови руху на ділянці автомобільної дороги перестають бути ефективними. Методика дозволяє встановити період ефективного функціонування ділянки та прогнозований момент, з якого реконструкція стає доцільною.

Висновки. Результати дослідження можуть бути використані для планування реконструкції автомобільних доріг, удосконалення організації дорожнього руху та обґрунтування інженерних рішень на етапі довгострокового розвитку дорожньої мережі.

Ключові слова: автомобільна дорога, вільні інтервали, ефективність функціонування, інтенсивність руху, пропускна здатність, реконструкція.

Вступ

Зростання рівня автомобілізації населення та нерівномірний розвиток дорожньої інфраструктури зумовлюють необхідність удосконалення методів оцінювання ефективності функціонування автомобільних доріг загального користування [1]. За останні десятиріччя темпи приросту інтенсивності руху транспортних потоків на багатьох ділянках дорожньої мережі суттєво перевищують темпи розвитку та модернізації її елементів, що призводить до передчасного вичерпання пропускної здатності та погіршення умов руху.

Традиційні нормативні підходи до визначення пропускної здатності автомобільних доріг і транспортних вузлів, як правило, ґрунтуються на спрощених припущеннях щодо рівномірності

транспортного потоку та не завжди адекватно відображають реальні умови руху [2–4]. Особливо це стосується ділянок автомобільних доріг із перехрещеннями та примиканнями в одному рівні, де формування транспортних потоків має стохастичний характер, а значну роль відіграють часові інтервали між транспортними засобами, групоутворення та маневрові процеси [5].

У таких умовах використання лише нормативних значень пропускної здатності може призводити до помилкових висновків щодо реального рівня завантаження дороги та строків доцільності її реконструкції [6]. Це обумовлює актуальність розроблення методик, які враховують реальні часові параметри руху транспортних засобів, структуру транспортного потоку та вплив суміжних елементів дорожньої мережі на умови руху.

Аналіз наукових досліджень і практики експлуатації автомобільних доріг свідчить, що питання визначення моменту втрати ефективності функціонування ділянки автомобільної дороги залишається недостатньо формалізованим [7, 8]. У більшості випадків рішення щодо реконструкції приймаються постфактум — після виникнення сталих транспортних заторів, значного зниження середніх швидкостей руху або зростання рівня дорожньо-транспортних пригод. Такий підхід не дозволяє забезпечити раціональне використання фінансових ресурсів і своєчасне планування інфраструктурних заходів.

У зв'язку із цим зростає потреба у впровадженні методик прогнозного характеру, які дозволяють заздалегідь оцінювати зміну умов руху та визначати момент досягнення граничних експлуатаційних параметрів автомобільної дороги. Особливу увагу при цьому доцільно приділяти оцінюванню максимально допустимої інтенсивності руху з урахуванням можливості безпечного та безперешкодного виконання маневрів на перехрещеннях і примиканнях [5].

Метою даної роботи є розроблення методики обґрунтування необхідності реконструкції автомобільних доріг на основі визначення максимально допустимої інтенсивності руху за умов забезпечення безперешкодного виконання маневрів транспортних засобів. Запропонований підхід орієнтований на встановлення періоду ефективного функціонування ділянки автомобільної дороги та прогнозування моменту втрати її експлуатаційної ефективності, що створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих техніко-економічних рішень щодо реконструкції або модернізації дорожньої інфраструктури.

Виклад основного матеріалу

Запропонована методика обґрунтування реконструкції автомобільних доріг передбачає поетапне та комплексне оцінювання умов руху на конкретній ділянці дороги з урахуванням її категорії, геометричних параметрів, структури транспортного потоку, а також наявності суміжних елементів дорожньої мережі, зокрема перехрещень, примикань в одному рівні, з'їздів та під'їздів до об'єктів господарського та соціального призначення [9]. Такий підхід дозволяє отримати більш детальну і точну характеристику функціонування дорожньої ділянки в реальних умовах експлуатації, ніж традиційні нормативні методи, які здебільшого спираються на усереднені показники пропускної здатності і не враховують специфіку локальних маневрових процесів та стохастичну природу транспортних потоків.

Ключовим елементом запропонованої методики є використання кількості вільних інтервалів руху як інтегрального показника ефективності функціонування дороги [5]. Вільні інтервали руху визначаються як проміжки часу між транспортними засобами на головній дорозі, достатні для безпечного виконання маневрів на перехрещеннях та примиканнях, зокрема для виконання поворотів, перестроювань, об'їздів та з'їздів із дороги. Використання цього показника дозволяє врахувати стохастичний характер транспортних потоків, нерівномірність розподілу транспортних засобів у часі та просторові обмеження, що виникають унаслідок геометрії дорожньої мережі та різної пропускної здатності суміжних ділянок.

Вільні інтервали руху визначаються на основі детального аналізу інтенсивності транспортного потоку, його складу за видами транспортних засобів, а також режиму руху, включаючи середні швидкості, інтервали між транспортними засобами та їх взаємодію на вузлових елементах дорожньої мережі. Кількість таких інтервалів безпосередньо характеризує здатність

ділянки дороги забезпечувати безпечно та безперешкодне виконання маневрів. Зменшення кількості вільних інтервалів свідчить про погіршення умов руху, підвищення щільності транспортного потоку, зростання затримок, збільшення ймовірності виникнення конфліктних ситуацій і аварій, а також сигналізує про наближення ділянки до граничного режиму експлуатації. Це особливо актуально для магістральних та регіональних доріг, на яких одночасно функціонують транспортні потоки різних категорій і швидкісних режимів.

Максимальну інтенсивність руху визначають як межу завантаженості дороги, за якої кількість вільних інтервалів є мінімально необхідною для забезпечення безпеки дорожнього руху та безперешкодного виконання маневрів [5]:

$$n_v(N_{max}) \approx n_{потр}, \quad (1)$$

де $n_v(N_{max})$ — кількість вільних інтервалів руху, яка відповідає максимальній інтенсивності руху N_{max} , авт./год;

$n_{потр}$ — потрібна кількість вільних інтервалів руху для забезпечення безпеки дорожнього руху та безперешкодного виконання маневрів, авт./год.

Цей показник фактично характеризує реальну граничну пропускну здатність ділянки дороги з урахуванням локальних обмежень, що зумовлені перехрещеннями, примиканнями та особливостями геометрії дорожньої мережі. Оцінювання максимальних значень інтенсивності руху проводиться для кожної ділянки між суміжними вузлами дорожньої мережі, що дозволяє враховувати локальні обмеження і отримати більш реалістичну картину ефективності функціонування дороги порівняно з нормативними усередненими значеннями.

Для визначення моменту втрати ефективності функціонування ділянки автомобільної дороги застосовується логістична модель прогнозування інтенсивності руху [10, 11]. Логістична модель дозволяє врахувати обмеження пропускну здатності, поступове насичення транспортного потоку та зниження темпів зростання транспортного попиту з часом. На відміну від лінійних чи експоненціальних моделей, логістична залежність найбільш адекватно відображає реальні процеси формування транспортного потоку, оскільки враховує як швидке зростання на початковому етапі, так і природне обмеження максимально можливого рівня інтенсивності, що визначається геометричними параметрами ділянки, безпековими нормами та характером взаємодії транспортних потоків на вузлах:

$$t_k = \frac{1}{c} \ln\left(\frac{bN_{max}}{(N_{факт}(1+K) - N_{max})}\right), \quad (2)$$

де N_{max} — інтенсивність руху, яка відповідає періоду часу t за якого буде досягнута максимальна інтенсивність руху, авт./год;

$N_{факт}$ — початкова інтенсивність руху, тобто фактична інтенсивність руху у момент часу $t = 0$, авт./год;

K — лінія насичення (приймається від 4 до 6);

b, c — коефіцієнти, (відповідно 200 – 250 та 0,35 – 0,25).

Момент досягнення прогнозованою інтенсивністю руху максимально допустимого значення вільних інтервалів інтерпретується як завершення періоду ефективного функціонування ділянки автомобільної дороги [12]. Після цього подальше збільшення транспортного потоку не супроводжується підвищенням пропускну здатності, а призводить до зниження середніх швидкостей, погіршення умов безпеки руху, зменшення кількості вільних інтервалів для маневрів і збільшення ймовірності виникнення заторів та аварій. Це означає, що подальші інвестиції в утримання дороги без проведення реконструкції не забезпечуватимуть належного рівня ефективності функціонування, і саме тому запропонована методика дозволяє прогнозувати оптимальний час для проведення реконструктивних робіт.

Методика забезпечує комплексну оцінку ефективності функціонування автомобільних доріг не лише з точки зору пропускну здатності, а й з урахуванням безпеки дорожнього руху, комфорту, економічної доцільності перевезень і надійності транспортної системи в цілому. Вона дозволяє

перейти від постфактумного прийняття рішень до прогнозного планування реконструкції, що дає змогу запобігти виникненню сталих заторів, знизити аварійність та оптимізувати використання інвестицій у дорожнє господарство. Усі етапи методики, починаючи від збору даних та аналізу транспортного потоку до прийняття рішення щодо необхідності реконструкції, представлені на головній блок-схемі (рис. 1).

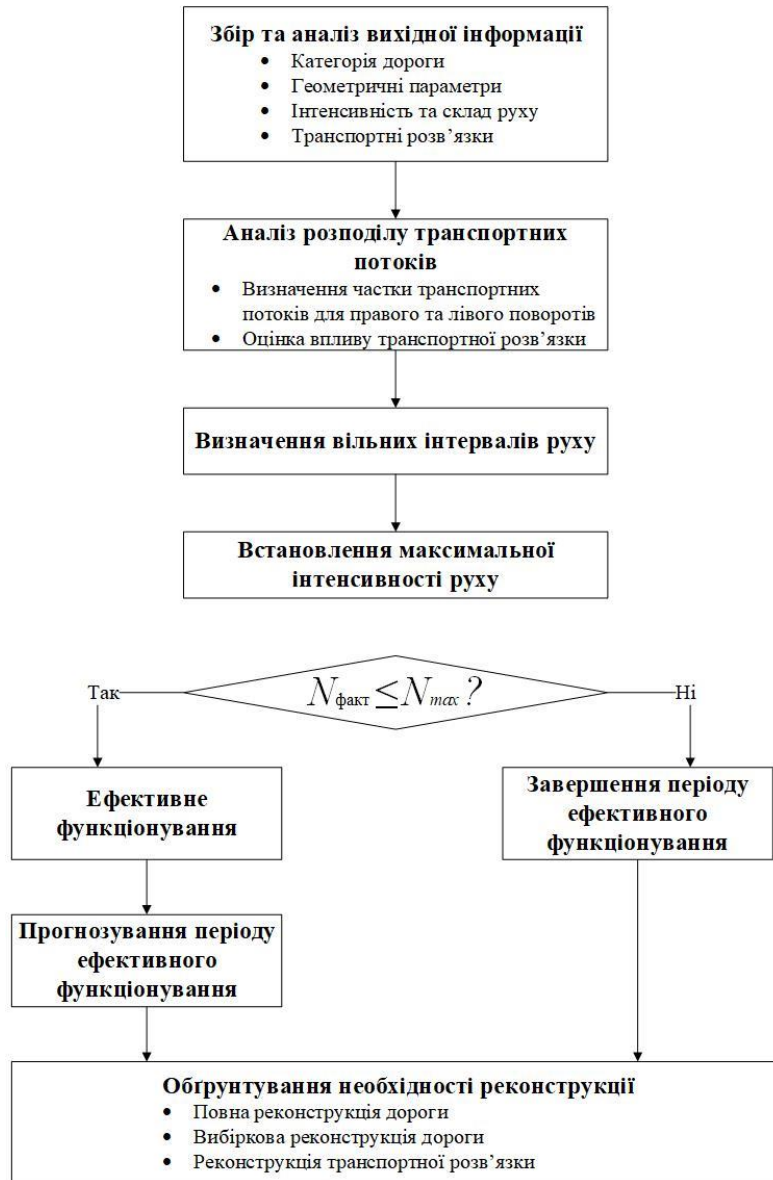


Рисунок 1 — Блок-схема обґрунтування реконструкції ділянки автомобільної дороги

Крім того, запропонована методика має широкий науково-прикладний потенціал. Вона може бути використана як основа для розроблення програмних засобів моделювання руху транспортних потоків, для аналізу ефективності різних варіантів планування дорожньої мережі, а також для формування стратегій управління транспортним потоком у реальному часі. Використання кількості вільних інтервалів руху як інтегрального показника дозволяє стандартизувати підхід до оцінювання ефективності функціонування різних ділянок доріг та забезпечує порівнянність результатів між різними регіонами та категоріями доріг.

Методика також враховує структуру транспортного потоку, що включає різні категорії транспортних засобів: легкові автомобілі, вантажні автомобілі, автобуси та спеціальну техніку [13]. Такий підхід дозволяє оцінювати вплив важких транспортних засобів на загальні умови руху, зокрема на скорочення вільних інтервалів та збільшення часу виконання маневрів, що особливо важливо для транспортних коридорів із високою часткою вантажних перевезень.

Врахування локальних вузлових елементів мережі (перехрещень, примикань, роз'їздів) дозволяє не тільки визначити загальну пропускну здатність, а й ідентифікувати найбільш критичні ділянки дороги, де в першу чергу слід проводити реконструкцію або оптимізувати організацію руху [14]. Це сприяє ефективнішому розподілу фінансових та технічних ресурсів, підвищенню безпеки та комфорту дорожнього руху, а також зменшенню соціально-економічних збитків від транспортних заторів і аварій.

Таким чином, запропонована методика поєднує теоретичну основу та практичну значущість, що робить її актуальною для сучасної транспортної системи з урахуванням зростання автомобілізації, нерівномірного розвитку дорожньої інфраструктури та необхідності оптимізації управління транспортними потоками на всіх рівнях планування та експлуатації автомобільних доріг. Вона дозволяє формалізувати процес визначення моменту доцільності реконструкції, підвищити ефективність планування дорожніх робіт, забезпечити безпеку руху на ключових ділянках дорожньої мережі та зменшити негативний вплив транспортних заторів на економіку та соціальне середовище.

Запровадження запропонованої методики також сприяє інтеграції сучасних інформаційних технологій у дорожнє господарство, зокрема застосування систем автоматизованого збору даних щодо транспортних потоків, геоінформаційних систем (GIS) та інструментів моделювання руху, що дозволяє отримувати актуальні дані для прийняття управлінських рішень і прогнозування ефективності експлуатації автомобільних доріг. Це створює основу для системного підходу до розвитку транспортної інфраструктури, де реконструкційні та експлуатаційні заходи плануються на основі реальних, кількісно обґрунтованих показників ефективності функціонування дорожніх ділянок.

Висновки

Запропонована методика дозволяє здійснювати прогнозне оцінювання ефективності функціонування ділянок автомобільних доріг та визначати доцільність їх реконструкції на основі комплексного аналізу вільних інтервалів руху [5]. Вона передбачає врахування не тільки інтенсивності транспортного потоку та його структури, але й геометричних параметрів ділянки, характеру суміжних елементів дорожньої мережі, таких як перехрестя та примикання, а також особливостей поведінки водіїв на даному типі дороги. Такий підхід дозволяє отримати кількісні та якісні показники, які більш точно відображають реальні умови руху, ніж традиційні нормативні методики, засновані на середніх розрахункових значеннях пропускну здатності.

Методика може бути використана на різних етапах планування та розвитку дорожньої інфраструктури, зокрема під час розроблення програм розвитку дорожньої мережі на регіональному та національному рівнях. Вона також може стати важливим інструментом для проектування реконструктивних заходів, оскільки дозволяє заздалегідь визначити ті ділянки, де існує ризик перевищення граничної пропускну здатності, виникнення заторів або підвищення аварійності. Крім того, методика може бути інтегрована у систему удосконалення організації дорожнього руху, дозволяючи оптимізувати режим роботи світлофорних об'єктів, регулювати в'їзди на магістралі та підвищувати загальну безпеку руху.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з адаптацією методики до умов багатосмугового руху, де взаємодія транспортних потоків на різних смугах ускладнює визначення вільних інтервалів та прогнозування граничної пропускну здатності. Додатково, актуальним є розширення методики для регульованих перехресть, де сигналізація та автоматизоване керування рухом змінюють характер взаємодії транспортних потоків, що потребує включення параметрів часу

циклу світлофора, чергування фаз та впливу черг очікування на вільні інтервали руху. Також перспективним напрямом є інтеграція методики з цифровими моделями дорожнього руху, включаючи використання систем реального часу, даних з GPS, телеметрії транспортних засобів та моделей штучного інтелекту для більш точного прогнозування моментів втрати ефективності функціонування дороги [15, 16].

Таким чином, запропонована методика є не лише інструментом оцінки поточного стану дорожніх ділянок, але й потужним засобом для стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, що дозволяє враховувати реальні параметри руху та адаптуватися до майбутніх змін у транспортному попиті. Її застосування забезпечує науково обґрунтований підхід до визначення пріоритетності реконструктивних заходів, підвищує ефективність використання ресурсів для розвитку дорожньої мережі та сприяє підвищенню рівня безпеки дорожнього руху.

Список літератури

1. Alexander Eser. Vehicle Ownership Statistics URL: https://zipdo.co/vehicle-ownership-statistics/?utm_source=chatgpt.com#sources.
2. Денисенко О. Новий підхід до визначення пропускної здатності нерегульованих перехресть. Системи управління, навігації та зв'язку. 2020. Т. 1, № 59. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2020.1.045>.
3. Наглюк, І. С., Макаричев, А. В., Горбачьов, П. Ф., & Горбачьова, О. А. (2018). Визначення пропускної здатності смуги руху на автомобільних дорогах і міських вулицях. Автомобільний транспорт. 2018. № 42. С. 89–97. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2018.42.0.89>.
4. Marco Guerrieri, Raffaele Mauro, Andrea Pompigna and Natalia Isaenko. Road Design Criteria and Capacity Estimation Based on Autonomous Vehicles Performances. First Results from the European C-Roads Platform and A22 Motorway. *Transport and Telecommunication Journal*. Vol. 22 (2021): Issue 2 (April 2021). P. 230–243. DOI: <https://doi.org/10.2478/ttj-2021-0018>.
5. Неизвестный С. В., Пальчик А. М. Simulation of vehicle movement at unregulated intersections of public roads. *Modern Science – Moderní věda*. 2025. Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.62204/2336-498X-2025-1-17>.
6. Неизвестный С. В., Пальчик А. М. Аналіз методів, які використовують при обґрунтуванні реконструкції автомобільних доріг. *Дороги і мости*. 2020. Вип. 21. С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.070>.
7. Liu, R., Shin, S.-Y. A Review of Traffic Flow Prediction Methods in Intelligent Transportation System Construction. *Applied Sciences*. 2025. 15(7). 3866. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15073866>.
8. Черненко, А. О., Халіпова, Н. В., Леснікова, І. Ю. Щодо моделювання транспортних потоків для аналізу завантаженості доріг в містах. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2016. (12). С. 90–98. <https://doi.org/10.15802/tstt2016/85890>.
9. Неизвестный С. В., Пальчик А. М., Неизвестна Н. В., Додух К. М. Розроблення заходів з покращення дорожніх умов на ділянках автомобільних доріг на основі аналізу умов руху. *Дороги і мости*. 2021. Вип. 24. С.159–168. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.159>.
10. Григорова Т. М., Дашенко А. Ф. Методи та практика прогнозування розрахункових характеристик автомобільних доріг. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2007. 1(27). С. 51–56.
11. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: навч. посібник. Київ.: КНЕУ, 2001. 170 с.
12. Неизвестный С. В. Визначення періоду ефективного функціонування автомобільної дороги. *Дороги і мости*. 2023. Вип. 27. С. 245–252. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.245>.
13. Неизвестный С. В., Пальчик А. М. Методика експериментального дослідження розподілу інтервалів руху в транспортному потоці. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2023. Вип. 113. Ч. 2. С. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2023-113.2-061-069>.

14. Shepelev V., Glushkov A., Slobodin I., Balfaqih M. Studying the Relationship between the Traffic Flow Structure, the Traffic Capacity of Intersections, and Vehicle-Related Emissions. *Mathematics*. 2023. 11(16): 3591. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11163591>.
15. Lv Y., Duan, Y., Kang, W., Li, Z., & Wang, F.-Y. Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2015. 16(2), 865–873. DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2345663>.
16. Zheng, Y., Liu, F., Hsieh, H.-P. U-Air: When Urban Air Quality Inference Meets Big Data. *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2013. 1436–1444. DOI: <https://doi.org/10.1145/2487575.2487682>.

References

1. Eser, A. Vehicle Ownership Statistics. Available at: URL: https://zipdo.co/vehicle-ownership-statistics/?utm_source=chatgpt.com#sources [in English].
2. Denysenko, O. (2020). Novyi pidkhid do vyznachennia propusknoi zdatnosti nerekhulovanykh perekhrest [A new approach to determining the capacity of unsignalized intersections]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, 1(59). DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2020.1.045> [in Ukrainian].
3. Nahliuk, I. S., Makarychev, A. V., Horbachov, P. F., & Horbachova, O. A. (2018). Vyznachennia propusknoi zdatnosti smuhy rukhu na avtomobilnykh dorohakh i miskykh vulytsiakh [Determination of traffic lane capacity on highways and urban streets]. *Avtomobilnyi transport*, 42, 89–97. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2018.42.0.89> [in Ukrainian].
4. Guerrieri, M., Mauro, R., Pompigna, A., & Isaenko, N. (2021). Road design criteria and capacity estimation based on autonomous vehicles performances: First results from the European C-Roads platform and A22 motorway. *Transport and Telecommunication Journal*, 22(2), 230–243. DOI: <https://doi.org/10.2478/ttj-2021-0018> [in English].
5. Neizvestnyi, S. V., & Palchyk, A. M. (2025). Simulation of vehicle movement at unregulated intersections of public roads. *Modern Science – Moderni věda*, 1. DOI: <https://doi.org/10.62204/2336-498X-2025-1-17> [in English].
6. Neizvestnyi, S. V., & Palchyk, A. M. (2020). Analiz metodiv, yaki vykorystovuiutsia pry obgruntuvanni rekonstruksii avtomobilnykh dorih [Analysis of methods used to justify road reconstruction]. *Dorohy i mosty*, 21, P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.070> [in Ukrainian].
7. Liu, R., & Shin, S.-Y. (2025). A review of traffic flow prediction methods in intelligent transportation system construction. *Applied Sciences*, 15(7), 3866. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15073866> [in English].
8. Chernenko, A. O., Khalipova, N. V., & Lesnikova, I. Yu. (2016). Shchodo modeliuvannia transportnykh potokiv dlia analizu zavantazhenosti dorih v mistakh [On traffic flow modeling for urban road congestion analysis]. *Transportni systemy ta tekhnologii perevezhen*, 12, 90–98. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2016/85890> [in Ukrainian].
9. Neizvestnyi, S. V., Palchyk, A. M., Neizvestna, N. V., & Dodukh, K. M. (2021). Rozroblennia zakhodiv z pokrashchennia dorozhnikh umov na diliankakh avtomobilnykh dorih na osnovi analizu umov rukhu [Development of measures to improve road conditions based on traffic analysis]. *Dorohy i mosty*, 24, 159–168. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.159> [in Ukrainian].
10. Hryhorova, T. M., & Dashchenko, A. F. (2007). Metody ta praktyka prohnozuvannia rozrakhunkovykh kharakterystyk avtomobilnykh dorih [Methods and practice of forecasting road performance indicators]. *Proceedings of Odessa Polytechnic University*, 1(27), 51–56 [in Ukrainian].
11. Yerina, A. M. (2001). *Statystychne modeliuvannia ta prohnozuvannia* [Statistical modeling and forecasting]. Kyiv: KNEU. 170 p. [in Ukrainian].
12. Neizvestnyi, S. V. (2023). Vyznachennia periodu efektyvnoho funktsionuvannia avtomobilnoi dorohy [Determination of the effective operation period of a road]. *Dorohy i mosty*, 27, 245–252. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.245> [in Ukrainian].

13. Neizvestnyi, S. V., & Palchyk, A. M. (2023). Metodyka eksperymentalnoho doslidzhennia rozpodilu intervaliv rukhu v transportnomu pototsi [Methodology for experimental study of headway distribution in traffic flow]. *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, 113(2), 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2023-113.2-061-069> [in Ukrainian].

14. Shepelev, V., Glushkov, A., Slobodin, I., & Balfaqih, M. (2023). Studying the relationship between the traffic flow structure, the traffic capacity of intersections, and vehicle-related emissions. *Mathematics*, 11(16), 3591. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11163591> [in English].

15. Lv, Y., Duan, Y., Kang, W., Li, Z., & Wang, F. Y. (2015). Traffic flow prediction with big data: A deep learning approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(2), 865–873. DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2345663> [in English].

16. Zheng, Y., Liu, F., & Hsieh, H. P. (2013). U-Air: When urban air quality inference meets big data. In *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 1436–1444). DOI: <https://doi.org/10.1145/2487575.2487682> [in English].

Liudmyla Bondarenko¹, Ph.D., Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-8239-065X>
Sergiy Neizvestniy², <https://orcid.org/0000-0002-8888-313X>

¹National Transport University (NTU), Kyiv, Ukraine

²State Enterprise «National Institute for Infrastructure Development» (SE «NIID»), Kyiv, Ukraine

METHODOLOGY FOR JUSTIFYING THE RECONSTRUCTION OF AUTOMOBILE ROADS

Abstract

Introduction. The intensive development of road transport is accompanied by an increasing load on the existing road network, which leads to a gradual deterioration of traffic conditions, a reduction in average travel speeds, and an increase in delays. Under such conditions, the timely determination of the moment when road sections lose their operational efficiency and the justification of the feasibility of their reconstruction become particularly important.

Problem Statement. Most existing approaches to assessing the capacity of automobile roads are based on comparing actual traffic intensity with нормативні (standard) values and do not fully account for the influence of intersections, access points, and traffic flow structure. This results in limited accuracy when determining the real level of operational efficiency of road sections.

Purpose. The purpose of this study is to develop a methodology for determining the need for reconstruction of an automobile road section based on the analysis of free traffic headways and forecasting changes in traffic intensity over time.

Materials and Methods. The proposed methodology is based on a comprehensive combination of field observations, analytical calculations of the number of free traffic headways, determination of the maximum allowable traffic intensity, and forecasting transport demand using a logistic model. To assess operational efficiency, a criterion of the limiting number of free time headways in the traffic flow is applied.

Results. An approach is proposed for determining the limiting traffic intensity at which traffic conditions on an automobile road section cease to be efficient. The methodology makes it possible to establish the period of effective operation of a road section and to forecast the moment from which reconstruction becomes advisable.

Conclusion. The results of the study can be used for planning the reconstruction of automobile roads, improving traffic management, and substantiating engineering decisions at the stage of long-term development of the road network.

Keywords: automobile road, traffic intensity, free headways, capacity, operational efficiency, reconstruction.