

DOI 10.32782/city-development.2025.2-19

УДК 625.7:504.05:330.35

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРЕДНЬОГО РЕМОНТУ ДОРІГ З УРАХУВАННЯМ ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

Скрипник Лілія Русланівна

PhD з економіки, доцент

*Державний університет «Київський авіаційний інститут»*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7349-9496>**Новаковська Ірина Олексіївна**

доктор економічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1473-7543>**Іщенко Наталія Федорівна**

PhD з економіки, доцент

*Державний університет «Київський авіаційний інститут»*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3745-9742>**Христин Кирило Іванович**

магістр

*Державний університет «Київський авіаційний інститут»*ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6559-2967>

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до оптимізації середнього ремонту доріг з урахуванням економічних, екологічних і технічних факторів. Акцент зроблено на значенні проєктної документації та впливі типів землекористування на інтенсивність руху й навантаження на інфраструктуру. Різні типи землекористування безпосередньо впливають на стан доріг: у міських районах щільна забудова та великий потік транспорту прискорюють зношування покриття; у сільськогосподарських зонах важка техніка створює додаткове механічне навантаження; промислові об'єкти та логістичні центри генерують значні транспортні потоки. Запропоновано інтегрований підхід до управління дорожньою інфраструктурою, що дозволяє знизити витрати, мінімізувати екологічний вплив і забезпечити сталий розвиток регіонів в умовах зростання транспортного навантаження та впровадження європейських стандартів.

Ключові слова: середній ремонт доріг, економічна ефективність, екологічні фактори, землекористування, оптимізація, сталий розвиток, екологічна безпека.

Актуальність проблеми. Стан дорожньої інфраструктури є важливим чинником економічного розвитку як окремого регіону, так і країни в цілому, а також має важливе значення в забезпеченні комфортних умов для пересування громадян. Слід зазначити: значна частина дорожнього покриття в Україні перебуває у незадовільному стані, що зумовлено як недостатнім фінансуванням ремонтних робіт, так і неефективними методами управління дорожнім господарством. За даними Укравтодору, за період дії «Великого будівництва» (2019–2021 роки) вдалося відновити понад 14 тис км доріг та 560 мостових споруд. Крім того, до 2025 року мала бути оновлена вся державну мережа – 24 тис км доріг і 1 400 мостів. За оцінками фахівців в сфері дорожнього господарства за цей час інвестували понад 1 млрд дол в оновлення

та розширення технологічної бази (придбання техніки, мобільних асфальтобетонних заводів), навчання персоналу, удосконалення технологій, розвиток сировинної бази [16].

Повномасштабне вторгнення країни-агресорки на територію України стало новим серйозним викликом для управління дорожнім господарством в Україні. Так, за рік війни було зруйновано або пошкоджено понад 25 тис км автошляхів державного та місцевого значення і майже 350 мостів. Загальна оцінка збитків перевищує 36 млрд дол або 1,4 трлн грн, що становить майже третину річного ВВП країни. Це означає, що всі довоєнні програми розвитку дорожньої мережі країни втратили актуальність і більше не працюють [16].

Водночас, екологічні виклики, зокрема забруднення довкілля та виснаження природних ресурс-



сів, вимагають застосування нових підходів до ремонту доріг. Оптимізація процесів середнього ремонту з урахуванням економічних і екологічних аспектів є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку дорожньої інфраструктури [17].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В останні роки зростає інтерес до оптимізації дорожніх ремонтних робіт з урахуванням економічних і екологічних факторів землекористування, особливо в контексті військових дій і післявоєнного відновлення. У численних наукових працях досліджується взаємозв'язок між якістю дорожнього покриття, витратами на його утримання, впливом на довкілля та соціально-економічним розвитком регіонів.

Велика кількість досліджень фокусуються саме на питаннях ефективного використання фінансових ресурсів у сфері дорожнього будівництва та ремонту. Наприклад, Мудра М.С. [7] аналізує стратегію мінімізації витрат при плануванні ремонтних заходів за рахунок використання інноваційних матеріалів і технологій. Біліченко В.В., Смирнов Є.В. в монографії [2] наголошують на необхідності впровадження методів економіко-математичного моделювання для визначення оптимального часу проведення ремонтних робіт. Барбір І. М. [1] демонструє, що використання принципів державно-приватного партнерства може значно скоротити бюджетні витрати та підвищити якість дорожньої інфраструктури.

Ключовою у процесі планування ремонтних робіт також є екологічна складова. Решетченко А.І., Телюра Н.О., Коновалов А.В. [12, 13] у своїх дослідженнях розглядають вплив будівельних матеріалів на навколишнє середовище, де зазначається, що застосування вторинних матеріалів (наприклад, переробленого асфальту) дозволяє зменшити рівень забруднення та витрати на утилізацію відходів.

Линник І.Е., Лежнева О.І., Дорошко Є.В., Самарець С.О., Федоров С.В, Костін Д.Ю. та ін. [5, 14] у дослідженнях підкреслюють важливість вибору екологічно безпечних технологій при ремонті доріг, таких як використання холодного ресайклінгу та біодеградуєчих в'язучих речовин. Аналогічні дослідження Богадьорової Л. М. та Мельниченка С. Г. [3] доводять, що правильне планування відновлювальних робіт дозволяє мінімізувати негативний вплив на природні ландшафти та водні ресурси.

Сучасні підходи до середнього ремонту доріг передбачають необхідність інтеграції економічних та екологічних факторів. У працях Новаковської І.О., Іщенко Н.Ф., Стецюка М.П., Литвиненко Т.П. [8, 15] пропонується використання багатокритеріального аналізу для оцінки доцільності ремонтних робіт з урахуванням вартості, довговічності матеріалів та їх екологічного впливу.

У той же час дослідники Кулагін К.К., Солоненко О.І., Квіткін К.П., Ведмідь О.І., Губарева О.П. [6, 11] доводять, що врахування екологічних ризиків, в тому числі військові, на стадії проектування ремонту дозволяє зменшити витрати на екологічні компенсаційні заходи у майбутньому.

Аналіз останніх досліджень свідчить про зростаюче усвідомлення важливості врахування економічних і екологічних факторів при проведенні середнього ремонту доріг. Оптимізація дорожніх робіт з урахуванням цих аспектів дозволяє не лише знизити витрати, а й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Тому розробка комплексних моделей оцінки ефективності ремонтних робіт, що базуються на принципах сталого розвитку є перспективними напрямками подальших досліджень.

Метою статті є розробка методологічного підходу до оптимізації середнього ремонту доріг з урахуванням економічних та екологічних факторів землекористування. Запропонована методика спрямована на вибір ефективних технологій ремонту, що забезпечують баланс між економічною доцільністю та екологічною безпекою. Дослідження має на меті визначити оптимальні стратегії ремонту, які сприятимуть підвищенню довговічності дорожнього покриття, зменшенню витрат та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Результати дослідження. Важливим етапом підтримки транспортної інфраструктури в контексті сучасних викликів є середній ремонт доріг, однак він має значний вплив на навколишнє середовище. Основні екологічні аспекти такого ремонту включають забруднення повітря, деградацію ґрунтів, негативний вплив на водні ресурси та скорочення біорізноманіття. Тому врахування екологічних факторів під час вибору матеріалів і технологій є необхідним для забезпечення сталого розвитку дорожньої інфраструктури.

Одним із ключових екологічних ризиків середнього ремонту доріг є забруднення повітря, ерозія ґрунтів тощо [9]. Будівельні матеріали, мастила, паливні речовини та залишки асфальту можуть проникати в ґрунт, змінюючи його хімічний склад і впливаючи на родючість. Головних факторів шкоди землі в період військових дій є проїзд важкої військової техніки, вибух ракет та інших видів зброї, зведення фортифікаційних споруд. Ґрунти, ґрунтові і підземні води забруднюються великими кількостями токсичних металів та інших хімічних сполук, а внаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки відбувається забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами. У ґрунтах знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та обіг

поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток. На даний час Державна екологічна інспекція України зафіксовано забруднення внаслідок збройної агресії 342,9 тис кв метрів земель. Площа засміченого ґрунту – 15 995,8 тис кв метрів [4].

Допомогти зменшення негативного впливу ремонту на землю може використання пористих і стабілізованих покриттів, а також технологій мінімального втручання у ґрунтовий шар, а врахування екологічних факторів під час вибору матеріалів і технологій є необхідним для забезпечення сталого розвитку дорожньої інфраструктури. (Табл. 1).

Для зниження негативного впливу середнього ремонту доріг, з урахуванням зазначених факторів, необхідно впроваджувати екологічно орієнтовані підходи. Використання вторинних матеріалів,

енергоефективних технологій, дотримання екологічних стандартів та планування дорожніх робіт із врахуванням місцевих екосистем дозволяє зменшити шкоду для довкілля [10]. Тобто, поєднання інноваційних рішень та відповідального ставлення до навколишнього середовища сприятиме сталому розвитку дорожньої інфраструктури та збереженню природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Ключову роль у процесі середнього ремонту доріг також відіграє проектна документація забезпечуючи комплексний підхід до планування, розрахунків та реалізації ремонтних робіт. В умовах сучасних вимог до сталого розвитку, економічних обмежень та екологічних викликів, важливо розробляти документацію, що враховує не лише технічні аспекти, а й ефективне використання земельних ресурсів (Рис. 1).

Таблиця 1 – Технології мінімального втручання у ґрунтовий шар з врахуванням екологічних факторів

Екологічний аспект	Основні ризики	Можливі рішення
Забруднення повітря	Викиди пилу, оксидів азоту, діоксиду сірки, летких органічних сполук, CO ₂	Холодний ресайклінг, електротехніка, екологічно безпечні матеріали
Забруднення ґрунтів	Проникнення мастил, пального, асфальтових залишків	Пористі покриття, мінімальне втручання у ґрунтовий шар
Вплив на водні ресурси	Змивання шкідливих речовин у водойми	Дренажні системи, водопроникні матеріали, біоінженерні рішення
Зменшення біорізноманіття	Порушення екосистем, шумове забруднення	Шумозахисні бар'єри, збереження зелених зон

Джерело: сформовано авторами



Рисунок 1 – Проектна документація середнього ремонту доріг з врахуванням економічних та екологічних аспектів

Джерело: сформовано авторами

Так, автомобільна дорога загального користування державного значення Н-02 /М-06/-Кременець-Біла Церква-Ржищів-Софіївка на ділянці км 260+650 складає 518,0 км, під'їзд до м. Канів – 4,5 км: Разом – 522,5 км. Протяжність ділянки проектування – 10,0 км.

Стан дорожнього покриття залежить від різних техніко-експлуатаційних показників, а також економічних факторів, пов'язаних із землекористуванням. Тому важливим аспектом управління дорожньою мережею є оптимізація середнього ремонту доріг, що дозволяє підвищити довговічність покриття та зменшити витрати на експлуатацію (Табл. 2).

Основними техніко-експлуатаційними показниками дорожнього покриття є рівність, міцність, зчеплення та водонепроникність. Вони визначають безпеку руху, комфортність пересування та витрати на транспорт. Слід зазначити, що низька якість покриття спричиняє підвищене зношування транспортних засобів і зростання витрат на їх обслуговування. Відповідно, своєчасний

ремонт доріг є необхідним для підтримання їхньої експлуатаційної придатності.

Слід зазначити, що різні типи землекористування безпосередньо впливають на інтенсивність дорожнього руху та рівень навантаження на інфраструктуру. Наприклад, у міських районах висока щільність забудови та великий потік транспорту прискорюють зношування доріг. У сільськогосподарських зонах використання важкої техніки спричиняє механічне навантаження на дорожнє покриття. Промислові об'єкти, логістичні центри та торгові майданчики генерують значні транспортні потоки, що також впливає на стан доріг. Тому, відповідно вищевказаному, раціональне планування землекористування сприяє ефективному розподілу фінансових ресурсів на ремонтні роботи.

Висновки. Оптимізація процесу середнього ремонту доріг передбачає використання сучасних технологій та матеріалів, що забезпечують триваліший експлуатаційний ресурс без необхідності повної заміни дорожнього покриття.

Таблиця 2 – Техніко-експлуатаційні показники

Характеристика будівництва	Одиниця виміру	Кількість
Народно-господарське значення дороги		Автомобільна дорога державного значення
Категорія дороги		II
Довжина:	м	10000
в т.ч. – по польовим ділянкам	м	10000
– по населеним пунктам	м	–
Ширина проїзної частини		
– по польовим ділянкам	м	2х3,75
– по населеним пунктам	м	–
Тип дорожнього одягу		Капітальний
Вид покриття		ЩМА-20 на
БМКП 60/90-65		
Найменші радіуси кривих у плані:		
– по польовим ділянкам	м	450
– по населеним пунктам	м	–
Найменші радіуси у поздовжньому профілі по польовим ділянкам:		
опуклих	м	9000
увігнутих	м	6287
Найбільший поздовжній похил	%	20
Розрахункова швидкість (в межах населених пунктів)	км/год	90
Найменші радіуси у поздовжньому профілі по населеним пунктам:		
опуклих	м	–
увігнутих	м	–
Найбільший поздовжній похил	%	–
Розрахункова швидкість по населеним пунктам	км/год	–
Примикання та зїзди	шт.	12
Острівці безпеки	шт.	–
Автобусні зупинки	шт.	6
Автопавільйони	шт.	6

Джерело: сформовано авторами

Рациональний підхід до ремонту базується на системному моніторингу технічного стану доріг, прогнозуванні навантажень та застосуванні ефективних методів відновлення.

Залучення інноваційних технологій, таких як холодний ресайклінг, армовані асфальтобетонні суміші та екологічно безпечні матеріали, дозволяє підвищити якість ремонту, скоротити витрати та мінімізувати негативний вплив на довкілля. Використання цих методів сприяє не лише економічній доцільності ремонтних заходів, а й забезпеченню довготривалої експлуатації дорожньої інфраструктури.

Вплив землекористування на дорожнє покриття є ключовим фактором у визначенні пріоритетності ремонтних робіт. Висока транспортна

інтенсивність у міських районах, використання важкої техніки в аграрному секторі та діяльність промислових і логістичних об'єктів вимагають адаптивного планування дорожніх робіт з урахуванням особливостей експлуатаційного навантаження.

Комплексний підхід до управління дорожньою мережею, що включає технічний аналіз, економічну оцінку та інноваційні рішення, сприяє оптимальному використанню фінансових ресурсів та продовженню терміну служби доріг. Таким чином, ефективна стратегія ремонту та утримання дорожньої інфраструктури є невід'ємною складовою сталого розвитку регіонів, забезпечуючи безпеку руху та економічну стабільність території.

Бібліографічний список:

1. Барбір І. М. Розвиток державно-приватного партнерства у сфері автомобільного транспорту в Україні. Дис....доктора філософії за спеціальністю 281 «Публічне управління та адміністрування». Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2023. 218 с.
2. Біліченко В. В. Стратегії технічного розвитку автотранспортних підприємств: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2019. 144 с.
3. Богадьорова Л. М., Мельниченко С. Г. Рациональное использование природных ресурсов: навчальний посібник. Херсон : «Книжкове вид-во ФОП Вишемирський В. С.», 2024. 234 с.
4. Вплив війни на довкілля. Земля і ґрунти. URL: <https://ecology.od.gov.ua/2023/05/vplyv-vijny-na-dovkillya-zemlya-i-grunty/> (дата звернення: 05.04.2025)
5. Линник І. Е., Лежнева О. І., Дорошко Є. В. та ін. Екологічні аспекти автотранспортного комплексу: монографія. Харків : Видавництво «Смугаста типографія», 2020. 194 с.
6. Кулагін К. К., Солонець О. І., Квіткін К. П., Ведмідь О. І., Губарева О. П. Вплив змін клімату на безпеку військових операцій і життєвий цикл озброєння та військової техніки. *Системи озброєння і військова техніка*. 2023. № 2(74). С. 52–67. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2023.74.06>
7. Мудра М. С. Економічна оцінка інноваційного розвитку підприємств в системі будівельного розвитку. Дис...на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 «Економіка» Київський національний університет будівництва і архітектури, 2024. 230 с.
8. Новаковська І.О., Іщенко Н. Ф., Стецюк М.П. Еколого-економічні засади землекористування автомобільного транспорту та дорожнього господарства: монографія. Київ : НАУ, 2020. 232 с.
9. Новаковська І.О., Близнюк В.В., Береза О.В. Стале землекористування в умовах формування міських агломерацій: виклики та перспективи. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 6(34) С. 928–941. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-6\(34\)-928-941](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-6(34)-928-941)
10. Новаковська І.О., Іщенко Н.Ф., Ковальчук Є.С., Скрипник Л.Р. Інвестиційна діяльність територіальних громад в контексті сучасних земельних відносин. *Київський економічний науковий журнал*. 2024. № 4. С. 164–171. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-4-23>
11. Мельник О. С., Скляр В. Г. та ін. Оцінка впливу на довкілля: впровадження природоохоронних практик та кліматичної політики ЄС. навч. посіб. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2021. 152 с.
12. Решетченко А. І., Телюра Н. О., Коновалов А. В. Підвищення екологічної безпеки урбосистем при реалізації будівельної діяльності на засадах сталого розвитку. *Будівництво та цивільна інженерія*. 2023. С. 37–41. DOI: <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2023.109.1.6>
13. Решетченко А. І. Обґрунтування техніко-економічних рішень підвищення екологічної безпеки урбосистем. *Комунальне господарство міст*. 2022. № 170. С. 62–70.
14. Самарець С. О., Федоров С. В, Костін Д. Ю. Застосування технології холодного ресайклінгу під час капітального ремонту дорожніх одягів. URL: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/b9fea3e0-740f-45c3-8e9d-5a1fc81b6d20/content> (дата звернення: 01.04.2025)
15. Т.П. Литвиненко. Екологічні принципи проектування автомобільних доріг. 2013. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/7873/1/Znpgmb_2013_4%282%29_18.pdf (дата звернення: 01.04.2025)
16. Як змінити підхід до будівництва доріг та дорожньої інфраструктури в Україні, щоб відбудова була швидкою і якісною? 2023. URL: <https://epravda.com.ua/columns/2023/07/17/702247> (дата звернення: 06.04.2025)
17. Balian A. V., Novakowska I. O., Ishchenko N. F., Skrypnyk L. R., Stetsiuk M. P. Directions to Develop a Competitive Ukrainian Transport System within the Context of the European *Integration IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* provides a comprehensive solution for materials science and engineering conferences. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120689>

References:

1. Barbir I. M. (2023) Rozvytok derzhavno-pryvatnoho partnerstva u sferi avtomobil'noho transportu v Ukraini. [Development of public-private partnership in the field of road transport in Ukraine] dis... of Doc. of Philosophy in specialty 281 "Public management and administration" Lviv Lviv. 218 p. (in Ukrainian)
2. Bilichenko, V. V. (2019) *Stratehiyi tekhnichnoho rozvytku avtotransportnykh pidpryyemstv*: monografiia [Strategies for the technical development of motor transport enterprises: monograph] Vinnytsia: "VNTU", 144 p. (in Ukrainian)
3. Bogadyorova L. M., Melnychenko S. G. (2024) *Ratsional'ne vykorystannya pryrodnykh resursiv: navchal'nyy posibnyk* [Rational use of natural resources: a textbook]. Kherson: Book publishing house of FOP Vyshemyrsky V. S., 234 p. (in Ukrainian)
4. Vplyv viyny na dovkillia. Zemlya i grunty. [The impact of war on the environment. Earth and soils]. Available at: <https://ecology.od.gov.ua/2023/05/pvlyv-viyny-na-dovkillia-zemlya-i-grunty/> (accessed April 05, 2025)
5. Lynnyk I. E., Lezhneva O. I., Dorozhko E. V. and others (2020). Environmental aspects of the motor transport complex: monograph [Ekolohichni aspekty avtotransportnoho kompleksu]. Kharkiv: Publishing house "Striped Typography", 194 p. (in Ukrainian)
6. Kulagin K. K., Solonets O. I., Kvitkin K. P., Vedmid O. I., Gubareva O. P. (2023) Vplyv zmin klimatu na bezpeku viys'kovykh operatsiy i zhyttyevyy tsykl ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniki [The impact of climate change on the safety of military operations and the life cycle of weapons and military equipment]. *Weapons Systems and Military Equipment – Systemy ozbroynennya i viys'kova tekhnika*, No. 2(74), pp. 52–67. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2023.74.06>
7. Mudra M. S. (2024) Ekonomichna otsinka innovatsiynoho rozvytku pidpryyemstv v systemi budivel'noho developmentu [Economic assessment of innovative development of enterprises in the system of construction development]: dis... for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 051 "Economics". Kyiv National University of Construction and Architecture. 230 p. (in Ukrainian)
8. Novakovska I. O., Ishchenko N. F., Stetsyuk M. P. (2020) Ekoloho-ekonomichni zasady zemlekorystuvannya avtomobil'noho transportu ta dorozhn'oho hospodarstva: monograph [Environmental and economic principles of land use of road transport and road management]. Kyiv: NAU. 232 p. (in Ukrainian)
9. Novakovska I. O., Blyznyuk V. V., Bereza O. V. (2024) Sustainable land use in the context of urban agglomeration formation: challenges and prospects. [Stale zemlekorystuvannya v umovakh formuvannya mis'kykh ahlomeratsiy: vyklyky ta perspektyvy]. *Scientific innovations and advanced technologies*. No. 6(34) P. 928–941. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-6\(34\)-928-941](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-6(34)-928-941)
10. Novakovska I. O., Ishchenko N. F., Kovalchuk E. S., Skrypnyk L. R. (2024) Investytsiyna diyal'nist' terytorial'nykh hromad v konteksti suchasnykh zemel'nykh vidnosyn [Investment activity of territorial communities in the context of modern land relations]. *Economic Scientific Journal*. No. 4, pp. 164–171. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-4-23>
11. Melnyk O. S., Sklyar V. G. (2021). *Otsinka vplyvu na dovkillia: vprovadzhennya pryrodookhoronnykh praktyk ta klimatychnoyi polityky YES. navch. posib* [Environmental Impact Assessment: Implementation of Environmental Protection Practices and EU Climate Policy] Teaching aids. Sumy: Sumy National Agrarian University. 152 p. (in Ukrainian)
12. Reshetchenko A. I., Telyura N. O., Konovalov A. V. (2023) Pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky urbo-system pry realizatsiyi budivel'noyi diyal'nosti na zasadakh staloho rozvytku [Increasing the ecological safety of urban systems when implementing construction activities on the basis of sustainable development]. *Construction and Civil Engineering*. 2023. Pp. 37–41. DOI: <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2023.109.1.6>
13. Reshetchenko A. I. (2022) Obgruntuvannya tekhniko-ekonomichnykh rishen' pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky urbosystem [Substantiation of technical and economic decisions to increase the ecological safety of urban systems] *Municipal utilities. Series "Technical Sciences and Architecture"*. No. 170, pp. 62–70.
14. Samarets S. O., Fedorov S. V., Kostin D. Yu. Zastosuvannya tekhnolohiyi kholodnoho resayklinhu pid chas kapital'noho remontu dorozhnikh odyahiv [Application of cold recycling technology during major repairs of road surfaces] Available at: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/b9fea3e0-740f-45c3-8e9d-5a1fc81b6d20/content> (accessed April 01, 2025)
15. T.P. Litvinenko. Ekolohichni pryntsyipy proektuvannya avtomobil'nykh dorih. 2013. [Ecological principles of highway design]. Available at: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/7873/1/Znpgmb_2013_4%282%29__18.pdf (accessed April 01, 2025)
16. Yak zminyty pidkhid do budivnytstva dorih ta dorozhn'oyi infrastruktury v Ukraini, shchob vidbudova bula shvydkoyu i yakisnoyu? [How to change the approach to road construction and road infrastructure in Ukraine so that reconstruction is quick and high-quality?]. Available at: <https://epravda.com.ua/columns/2023/07/17/702247> (accessed April 06, 2025)
17. Balian A. V., Novakovska I. O., Ishchenko N. F., Skrypnyk L. R., Stetsiuk M. P. (2023) Directions to Develop a Competitive Ukrainian Transport System within the Context of the European Integration. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* provides a comprehensive solution for materials science and engineering conferences. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120689>

OPTIMIZATION OF AVERAGE ROAD REPAIRS TAKING INTO ACCOUNT ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS OF LAND USE

Liliia Skrypnyk

PhD of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Aerospace Geodesy
and Land Management
State University "Kyiv Aviation Institute"

Iryna Novakovska

Doctor of Economics, Professor,
Professor of the Department of Land Cadastre
Kyiv National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Nataliia Ishchenko

PhD of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Aerospace Geodesy
and Land Management
State University "Kyiv Aviation Institute"

Kyrylo Khrystych

Master
State University "Kyiv Aviation Institute"

Summary. The article explores modern approaches to optimizing medium road repair, taking into account economic, environmental, and technical factors. The authors emphasize the crucial role of project documentation in the medium repair process, as it ensures a comprehensive approach to planning, calculations, and implementation of repair works. The study analyzes the impact of different types of land use on traffic intensity and infrastructure load, particularly in urban, agricultural, and industrial zones. It has been established that rational land use planning contributes to the efficient allocation of financial resources for repair works, increases pavement durability, and reduces road maintenance costs. An effective strategy for the repair and maintenance of road infrastructure is identified as an essential component of regional sustainable development, ensuring traffic safety and economic stability in territories. The paper underscores the growing importance of efficient road network maintenance and repair in light of increasing traffic volumes. Medium repair of roads, in particular, is highlighted as a key factor in maintaining their operational suitability. The authors justify the need for new approaches to repair planning and execution, driven by economic constraints and environmental requirements. A large portion of the road network traverses agricultural lands, forests, and areas with diverse land use forms, necessitating consideration of environmental impact and rational budgeting. The study identifies directions for optimizing road repairs considering economic and ecological aspects of land use, which contribute to more efficient management of infrastructure projects and support sustainable regional development while minimizing environmental harm and social costs. These issues are particularly relevant in the context of implementing European environmental safety standards and reducing the carbon footprint in the construction sector. An integrated approach to road infrastructure management, encompassing technical analysis, economic justification, and innovation implementation, enables the rational use of financial resources and extends the service life of roads. In this context, an effective system for road repair and maintenance plays a key role in ensuring sustainable regional development, promoting road safety, and enhancing economic stability.

Keywords: medium road repair, economic efficiency, environmental factors, land use, optimization, sustainable development, environmental safety.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2025