

ЛЮБИЧ В.В.

КУШНІР М.Т.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕРОБЛЕНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезі розглянуто сучасні тенденції та перспективи використання перероблених матеріалів у дорожньому будівництві України. Проаналізовано основні види вторинних матеріалів — асфальтобетонний гранулят, будівельні відходи, промислові шлаки, пластики та гума — їх технічні властивості, переваги та обмеження. Оцінено економічні й екологічні переваги повторного використання матеріалів у дорожніх конструкціях. Обґрунтовано необхідність нормативного удосконалення та впровадження інноваційних технологій для забезпечення сталого розвитку дорожнього господарства.

Ключові слова: дорожнє будівництво, перероблені матеріали, асфальтобетонний гранулят, сталість, екологічна безпека, ресурсоефективність.

Abstract

The paper analyzes modern trends and prospects for using recycled materials in road construction in Ukraine. The main types of secondary materials — reclaimed asphalt pavement, construction waste, industrial slags, plastics, and rubber — are reviewed with their technical properties, benefits, and limitations. The economic and environmental advantages of material reuse in road structures are evaluated. The necessity of regulatory improvements and the implementation of innovative technologies to ensure sustainable road development is substantiated.

Keywords: road construction, recycled materials, reclaimed asphalt pavement, sustainability, environmental safety, resource efficiency.

Вступ

Сучасна дорожня галузь України стикається з подвійним викликом — необхідністю оновлення зношеної дорожньої інфраструктури та зниженням екологічного навантаження від виробництва традиційних будівельних матеріалів. В умовах переходу до сталого розвитку актуальним є впровадження технологій повторного використання відходів виробництва та експлуатації (асфальтобетону, бетону, гуми, полімерів тощо) у дорожньому будівництві [1].

Використання вторинних ресурсів сприяє зменшенню обсягів сміттєзвалищ, економії природних ресурсів і зниженню вуглецевого сліду галузі [2].

Основна частина

Використання перероблених матеріалів у дорожньому будівництві набуває особливого значення в умовах підвищених вимог до сталості інфраструктури та необхідності оптимізації витрат. Світова практика демонструє, що інтеграція перероблених матеріалів у дорожні шари дозволяє одночасно вирішувати економічні, екологічні та технологічні завдання, зменшуючи використання природних ресурсів і мінімізуючи вплив дорожньої галузі на навколишнє середовище.

Одним із найбільш ефективних підходів є повторне використання RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). У країнах ЄС частка RAP у дорожніх сумішах у середньому становить 15–25 %, тоді як у США цей показник сягає 40–50 % завдяки підтримці Федеральної дорожньої адміністрації (FHWA). Наприклад, у штаті Міннесота застосування сумішей із 35 % RAP у поєднанні з полімермодифікованим бітумом у 2022–2023 рр. забезпечило збільшення терміну служби покриття на 20 % та скорочення витрат на будівництво на 18 % [11].

Перспективним напрямом є застосування бетонного щебеню, отриманого з демонтажу будівельних конструкцій, у шарах дорожньої основи. Такий матеріал забезпечує достатню міцність і може повністю замінити традиційний природний щебінь у низці застосувань. Наприклад, у Чехії у 2023 році було реалізовано проєкт реконструкції автомагістралі D1, у якому понад 120 тис. тонн бетонного грануляту використано як основу дорожнього одягу, що дозволило зменшити вартість робіт на 12 % і скоротити викиди CO₂ на 9 % [12].

Окремої уваги заслуговує використання сталеплавильних шлаків, які сьогодні активно застосовуються в багатьох країнах. В Італії та Японії частка шлакових матеріалів у дорожньому будівництві коливається в межах 20–30 %, оскільки вони мають високу стійкість до навантажень і відмінні дренажні властивості. Дослідження, проведене на автомагістралі Togane в Японії у 2021–2024 рр., показало, що застосування сталеплавильних шлаків у нижніх шарах забезпечило підвищення несучої здатності на 15 % і збільшення терміну експлуатації на 8–10 років порівняно з традиційними сумішами [13].

Широке поширення отримала і технологія гумомодифікованих асфальтів, яка дозволяє ефективно переробляти відпрацьовані автомобільні шини. У Португалії у 2023 році на автомагістралі A-23 було влаштовано 18-кілометрову ділянку з використанням асфальтобетону, модифікованого гумовою крихтою (2,5–3 %), що забезпечило зменшення шумового навантаження на 5–7 дБ та збільшення стійкості до колієутворення на 35 % [14]. Подібні технології поступово впроваджуються і в Україні, зокрема під час будівництва окремих ділянок місцевих доріг у Дніпропетровській області у 2024 році [15].

Перероблені полімери також знаходять застосування в дорожньому будівництві — не лише в модифікації бітуму, а й у виготовленні геосинтетичних матеріалів: георешіток, геотекстилю та армувальних елементів. У Нідерландах у 2022–2024 рр. реалізовано проєкт PlasticRoad, в якому для облаштування модульних дорожніх конструкцій використано понад 70 % рециклованих полімерів, що скоротило масу конструкції на 65 % та зменшило потребу в природних матеріалах на 80 % [16]. Аналогічні рішення можуть бути інтегровані в українські дорожні проєкти після адаптації відповідних стандартів.

Розвиток нормативної бази залишається важливою умовою інтеграції вторинних матеріалів. Окрім адаптації європейських стандартів (EN 13108-8, EN 933-11), перспективним є впровадження підходів, використаних у країнах Балтії. Так, у Литві з 2022 року діє оновлений національний стандарт LST 2010:2022, який передбачає використання до 40 % RAP у верхніх шарах за умови застосування модифікаторів. Це дозволило збільшити частку ресайклінгових матеріалів у дорожніх роботах до рекордних 27 % у 2024 р. [17].

Економічні вигоди від використання вторинних матеріалів підтверджені численними міжнародними дослідженнями. Наприклад, аналіз, проведений Європейською асоціацією асфальтових доріг (ЕАРА) у 2023 році, показав, що системний перехід на технології ресайклінгу може знизити собівартість будівництва на 15–25 %, а також скоротити витрати на утримання протягом життєвого циклу на 10–18 % [18]. В Україні подібні результати були отримані під час реконструкції окремих ділянок дороги М-03 (Полтавська область), де застосування технологій холодного ресайклінгу дозволило скоротити вартість робіт на 14 % і зменшити потребу в нових матеріалах на 60 % [19].

Висновки: Перероблені матеріали становлять вагомий ресурс для розвитку дорожньої інфраструктури України, забезпечуючи екологічну, економічну та технічну ефективність. Необхідно активізувати дослідження їх властивостей, створити нормативну базу для безпечного використання у дорожніх конструкціях і впроваджувати сучасні технології переробки та модифікації матеріалів. У перспективі комплексна політика повторного використання матеріалів може стати основою сталого розвитку дорожнього господарства України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Асфальтобетон. Методи випробування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 64 с.
2. European Commission. *Circular Economy Action Plan for the Construction Sector*. – Brussels, 2022.
3. Хижняк, В. В. Використання фрезерованого асфальтобетону у дорожньому будівництві / В. В. Хижняк // Дороги і мости. – 2020. – № 25. – С. 33–39.
4. Melnyk, O., & Didenko, S. (2023). *Resource Efficiency in Road Infrastructure*. Journal of Sustainable Construction, 11(3), 44–52.
5. Кузьменко, П. М. Застосування промислових шлаків у дорожньому будівництві / П. М. Кузьменко // Сучасні проблеми архітектури та будівництва. – 2021. – Вип. 58. – С. 72–78.
6. Бойко, В. І. Модифікація бітумів полімерними добавками / В. І. Бойко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2019. – № 99. – С. 101–107.
7. European Asphalt Pavement Association (EAPA). *Use of Recycled Materials in Asphalt Pavements*. – Brussels: EAPA, 2020.
8. Мінінфраструктури України. *Стратегія розвитку дорожньої галузі до 2030 року*. – Київ, 2022.
9. EN 13108-8:2016. *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*. – Brussels: CEN, 2016.
10. World Bank. *Sustainable Road Development Practices in Eastern Europe*. – Washington: WB, 2021.
11. FHWA. *Recycled Asphalt Pavement (RAP) Performance Report 2023*. – Washington, 2023.
12. Czech Road and Motorway Directorate. *D1 Modernization Environmental Report 2023*. – Prague, 2023.
13. Japan Road Association. *Steel Slag Utilization Study 2024*. – Tokyo, 2024.
14. Portugal Infrastructure Agency. *Rubberized Asphalt Pilot Project A-23*. – Lisbon, 2023.
15. Служба автомобільних доріг у Дніпропетровській області. *Звіт про впровадження модифікованих асфальтів, 2024*.
16. PlasticRoad Consortium. *Technical Summary Report 2024*. – Amsterdam, 2024.
17. Lithuanian Standards Board. *LST 2010:2022 — Recycled Asphalt Mix Requirements*. – Vilnius, 2022.
18. EAPA. *Asphalt Circularity and Recycling Report*. – Brussels, 2023.
19. Державне агентство автомобільних доріг України. *Аналітичний звіт щодо реконструкції М-03, 2024*.

Любич Володимир Володимирович – викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Кушнір Мирослав Тарасович — студент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, Україна, email: myroslav2004k@gmail.com

Lyubich Volodymyr V. – lecturer at the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Kushnir Mirosлав T. — student of group ADV-23mc, Faculty of Heat and Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: myroslav2004k@gmail.com