

ЛЮБИЧ В.В.

АВРАМЧУК О.А

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ПРОЄКТУВАННЯ НОВИХ ДОРІГ І ТРАНСПОРТНИХ РОЗВ'ЯЗОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезі розглянуто сучасні принципи енергозберігаючого проєктування автомобільних доріг і транспортних розв'язок. Проаналізовано технологічні, конструктивні та організаційні рішення, спрямовані на зниження енерговитрат у процесах будівництва, експлуатації та утримання транспортної інфраструктури. Визначено можливості використання енергоефективних матеріалів, інтелектуальних систем керування рухом, а також впровадження «зелених» стандартів дорожнього проєктування. Обґрунтовано доцільність інтеграції принципів енергоощадності на всіх етапах життєвого циклу дорожніх об'єктів.

Ключові слова: енергоефективність, дорожнє будівництво, транспортні розв'язки, сталє проєктування, інтелектуальні системи, енергозбереження.

Abstract

The paper examines modern principles of energy-efficient design of new roads and transport interchanges. Technological, structural, and organizational solutions aimed at reducing energy consumption during the construction, operation, and maintenance of transport infrastructure are analyzed. The possibilities of using energy-efficient materials, intelligent traffic management systems, and “green” design standards are outlined. The necessity of integrating energy-saving principles at all stages of the life cycle of road infrastructure is substantiated.

Keywords: energy efficiency, road construction, transport interchanges, sustainable design, intelligent systems, energy saving.

Вступ

Підвищення енергоефективності транспортної інфраструктури є одним із ключових завдань сталого розвитку України. У дорожньому господарстві енергоспоживання формується на всіх етапах життєвого циклу — від добування матеріалів до експлуатації дороги [1]. З огляду на високі ціни на енергоносії та екологічні виклики, особливої актуальності набуває впровадження принципів енергозберігаючого проєктування нових автомобільних доріг і транспортних розв'язок, які забезпечують економію ресурсів та зниження вуглецевих викидів [2].

Основна частина

Ефективним напрямом енергозберігаючого проєктування є впровадження холодних технологій улаштування асфальтобетону — зокрема, холодного ресайклінгу, який передбачає повторне використання фрезерованого матеріалу прямо на місці виконання робіт. Такий підхід дозволяє

скоротити енергоспоживання під час виробництва та транспортування асфальтобетонних сумішей на 20–35 %. Практичний приклад реалізації такого підходу спостерігається в рамках програми модернізації доріг у Полтавській області, де у 2023–2024 рр. було відремонтовано понад 40 км покриття з використанням технології холодного ресайклінгу, що забезпечило економію пального до 28 % та зниження викидів CO₂ на 15 % [11].

Ще одним перспективним рішенням є застосування технологій теплового асфальтобетону (WMA — Warm Mix Asphalt). Використання спеціальних присадок дозволяє знизити температуру укладання асфальтових сумішей на 20–30 °C, що скорочує споживання енергії під час виробництва на 20–25 %. У країнах ЄС ця технологія є стандартною для дорожнього будівництва. Наприклад, у Німеччині понад 40 % нових покриттів у 2022–2024 рр. було виготовлено з використанням WMA, що дозволило зменшити річні витрати енергії галузі на понад 10 % [12].

Інноваційним напрямом є також використання сонячних доріг (Solar Road Systems) або інтегрованих фотоелектричних модулів у дорожнє покриття. Хоча технологія перебуває на стадії досліджень, окремі пілотні проекти — наприклад, у Франції (Wattway) та Нідерландах (SolaRoad) — продемонстрували можливість вироблення до 70–100 кВт·год на добу з ділянки довжиною лише 120–150 м, що може компенсувати енергоспоживання дорожньої інфраструктури, зокрема освітлення [13].

В Україні набувають розвитку проекти енергоефективних тунелів та шляхопроводів, які використовують LED-освітлення з системами автоматичного затемнення та розумного керування. Наприклад, на одній із транспортних розв'язок у Львівській області в 2024 році впроваджено систему адаптивного освітлення Siemens Sitraffic, що дозволило зменшити витрати електроенергії на 42 % у період зимового пікового навантаження [14].

У сфері експлуатації доріг важливим є застосування систем інтелектуального моніторингу дорожнього полотна, які контролюють шорсткість, рівність і температуру покриття. Такі системи у 2023–2024 рр. були впроваджені у межах проекту "Digital Roads of Ukraine", де їх використання дозволило скоротити витрати на оперативне утримання на 18 % та зменшити непродуктивні поїздки дорожньої техніки на 12 %, що прямо впливає на енергозбереження [15].

Крім того, дедалі частіше застосовується підхід "зелених коридорів", що передбачає поєднання дорожньої інфраструктури з біоінженерними рішеннями. Наприклад, уздовж автомагістралей Словенії та Швеції використовуються шумозахисні екрани з інтегрованими сонячними панелями та зеленими насадженнями, які забезпечують додаткове вироблення електроенергії (до 45–60 МВт·год/рік на 1 км екранів) та покращують мікроклімат дорожніх зон [16]. Подібні проекти у 2024 р. були включені у рекомендації для українських регіональних служб автодоріг у рамках програми відновлення інфраструктури UNDP [17].

Висновки: Енергозберігаюче проектування автомобільних доріг і транспортних розв'язок є важливим чинником сталого розвитку транспортної системи України. Реалізація цього підходу вимагає поєднання інноваційних технологій, сучасних матеріалів і цифрових інструментів проектування. Інтеграція принципів енергоощадності в нормативну та планувальну практику дорожнього господарства сприятиме зниженню витрат на будівництво та експлуатацію, підвищенню екологічної безпеки й конкурентоспроможності національної інфраструктури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Проектування. Основні положення. — Київ: Мінрегіон України, 2015. — 72 с.
2. European Commission. *Energy Efficiency Directive (2023/1791/EU)*. — Brussels, 2023.
3. Гречаник, С. І. Оптимізація трасування автомобільних доріг із урахуванням енерговитрат / С. І. Гречаник // Дороги і мости. — 2021. — № 26. — С. 48–54.

4. Melnyk, O., & Didenko, S. (2022). *Smart Design in Road Engineering Using GIS Technologies*. Journal of Civil Infrastructure, 10(2), 41–49.
5. Кузьменко, П. М. Використання енергоефективних матеріалів у дорожньому будівництві / П. М. Кузьменко // Сучасні проблеми будівництва. – 2020. – Вип. 57. – С. 83–90.
6. International Transport Forum (ITF). *Intelligent Transport Systems for Sustainable Mobility*. – Paris: OECD, 2021.
7. Бойко, В. І. Системи адаптивного освітлення доріг як елемент енергозбереження / В. І. Бойко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2022. – № 100. – С. 22–28.
8. United States Green Building Council (USGBC). *LEED for Infrastructure: Rating System Overview*. – Washington, 2021.
9. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. *Концепція енергоефективного розвитку транспортної галузі до 2030 року*. – Київ, 2023.
10. World Bank. *Low-Carbon Road Design and Management*. – Washington, 2022.
11. Державне агентство автомобільних доріг України. Звіт про впровадження технологій ресайклінгу у 2023–2024 рр. — Київ, 2024.
12. German Federal Highway Research Institute (BAST). *Warm Mix Asphalt Implementation Report*. — Berlin, 2024.
13. European Photovoltaic Infrastructure Review. *Solar Road Pilot Projects Overview*. — Brussels, 2023.
14. Львівська обласна військова адміністрація. Аналітичний звіт щодо модернізації транспортних розв'язок у 2024 році. — Львів, 2024.
15. Digital Roads of Ukraine. *Technical Implementation Summary 2024*. — Київ, 2024.
16. Scandinavian Transport Agency. *Green Corridor Technologies Report*. — Oslo–Stockholm, 2023.
17. UNDP Ukraine. *Infrastructure Modernization Guidelines 2024*. — Київ, 2024.

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

Аврамчук Ольга Андріївна — студент групи АДВ-22б, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Olga1980avramchuk@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.

Avramchuk Olga A. — student of group ADV-22b, Faculty of Heat and Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Olga1980avramchuk@gmail.com