

ЕФЕКТИВНІ СУЧАСНІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено огляд сучасних дорожньо-будівельних матеріалів, що застосовуються для улаштування конструкцій дорожнього одягу в умовах підвищених інтенсивностей руху та складних кліматичних впливів. Розглянуто властивості та переваги полімермодифікованих бітумів, фіброасфальтобетонів, високоміцних цементобетонів, а також геосинтетичних матеріалів, що забезпечують армування та стабілізацію основи. Наведено порівняльні характеристики матеріалів. Встановлено, що інноваційні домішки, наночастинки і вторинні ресурси підвищують довговічність дорожніх покриттів та сприяють їх екологічній стійкості.

Ключові слова: дорожні покриття, модифікований бітум, фіброасфальтобетон, геосинтетики, ресайклінг, цементобетон, дорожні матеріали.

Abstracts

The paper presents an overview of modern road construction materials used for the construction of road pavement structures in conditions of increased traffic intensity and complex climatic influences. The properties and advantages of polymer-modified bitumens, fiber-asphalt concretes, high-strength cement concretes, as well as geosynthetic materials that provide reinforcement and stabilization of the base are considered. Comparative characteristics of the materials are presented. It is established that innovative additives, nanoparticles and secondary resources increase the durability of road surfaces and contribute to their environmental sustainability.

Key words: road surfaces, modified bitumen, fiber-reinforced asphalt concrete, geosynthetics, recycling, cement concrete, road materials.

Вступ

Сучасні автомобільні дороги функціонують в умовах високих транспортних навантажень, значної добової нерівномірності руху та дії кліматичних факторів, що зумовлює зростання вимог до властивостей дорожньо-будівельних матеріалів. Традиційні асфальтобетонні суміші не забезпечують необхідного рівня тріщиностійкості, водостійкості та стійкості до колієутворення, особливо за інтенсивного вантажного руху.

Тому актуальним є впровадження матеріалів нового покоління: полімермодифікованих в'язучих, дисперсно-армованих асфальтобетонів, високотехнологічних цементобетонів, композитних домішок і геосинтетиків [1-4]. Важливого значення набувають технології холодного ресайклінгу, застосування золи-виносу, шлаків, гумової крихти, а також нанодобавок, що дозволяють знизити собівартість та підвищити довговічність дорожніх конструкцій [5-12].

Результати дослідження

Сучасні дорожньо-будівельні матеріали формують основу підвищення експлуатаційної надійності автомобільних доріг, оскільки саме вони визначають тривалість міжремонтних циклів, стійкість до втомних процесів, інтенсивного транспортного навантаження та температурних впливів. Центральне місце у сучасних дорожніх технологіях займають полімермодифіковані бітумні в'язучі [1, 4, 5], структура та властивості яких дозволяють підвищити еластичність покриття та забезпечити йому стійкість до дії високих температур.

Порівняльні характеристики звичайного та полімермодифікованого бітумів наведені у таблиці 1, з якої видно, що модифікація полімером типу СБС забезпечує зростання температури розм'якшення на 10–15 °С та зменшує глибину проникнення голки, що свідчить про підвищення структурної стабільності. Відповідно до температурної діаграми (рисунок 1) полімермодифіковане в'язуче демонструє значно вищу відносну стабільність у діапазоні від –10 до +60 °С, що є критично важливим для умов експлуатації українських автомобільних доріг.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики бітумів

Показник	Звичайний бітум	Полімермодифікований (СБС)
Температура розм'якшення, °С	45–50	55–65
Глибина проникнення голки (0,1 мм)	50–70	30–45
Еластичність при 25 °С, %	5–10	30–50
Стійкість до колісутворення	Середня	Висока
Трщиностійкість при -20 °С	Низька	Висока

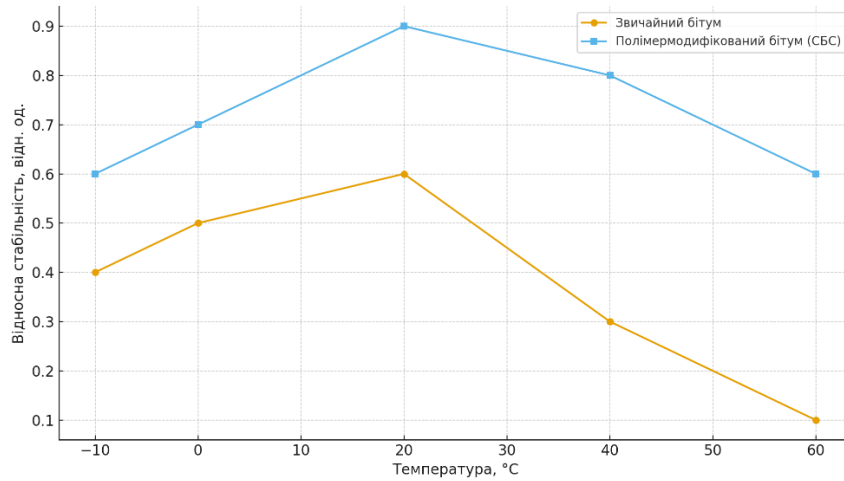


Рисунок 1 – Температурна стійкість бітумів

Водночас у складі асфальтобетонних сумішей все ширше застосовуються дисперсні армувальні волокна [2], які створюють всередині матеріалу просторовий каркас та перешкоджають розвитку мікротріщин. Описаний механізм показано на рисунку 2, де волокна виконують роль мікроармування, що з'єднує незначні дефекти структури та забезпечує рівномірний перерозподіл напружень.

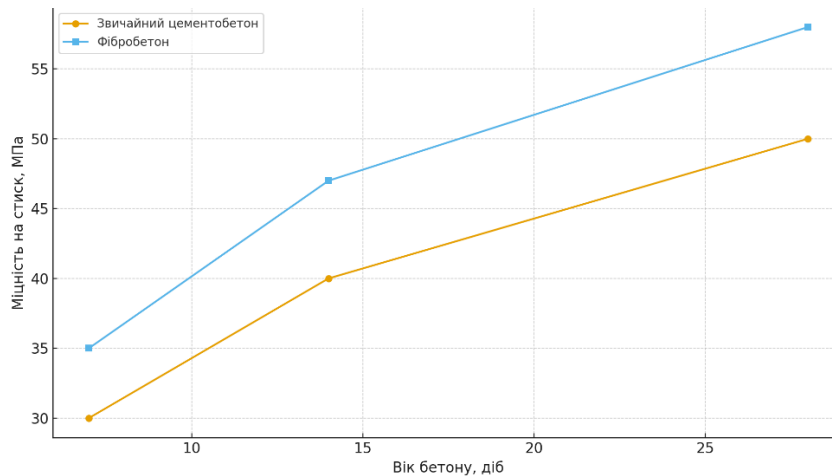


Рисунок 2 – Зростання міцності цементобетону та фібробетону

Підвищення механічних властивостей підтверджується експериментальними даними, наведеними у таблиці 2: міцність на розтяг за непрямым методом збільшується з 1,3–1,6 МПа для традиційної суміші до 1,9–2,2 МПа для сумішей, армованих базальтовими волокнами. Також суттєво зростає втомна довговічність, що відображено й на логарифмічній діаграмі втомного руйнування (рисунок 3), де видно різницю між звичайним асфальтобетоном і армованою композицією.

Таблиця 2 – Вплив волокон на властивості асфальтобетону

Властивість	Без волокон	З базальтовим волокном
Міцність при розязі, МПа	1,3–1,6	1,9–2,2
Втомна довговічність	Низька	Підвищена у 1,5–2 рази
Схильність до тріщин	Висока	Знижена
Стійкість до колій	Середня	Підвищена

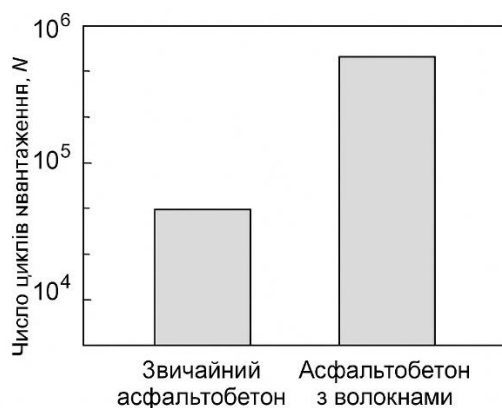


Рисунок 3 – Втомна довговічність асфальтобетону

Поряд з асфальтобетонними матеріалами активно розвиваються цементобетонні дорожні покриття, у структурі яких використовуються як традиційні цементні системи, так і фібробетонні композиції. На рисунку 4 наведено порівняння зростання міцності звичайного цементобетону та фібробетону протягом 7–28 діб [4]. Динаміка свідчить, що введення волокон не лише підвищує початкову густинність структури, але й забезпечує інтенсивніше наростання міцності в часі, що є важливим при реалізації прискорених технологій будівництва.

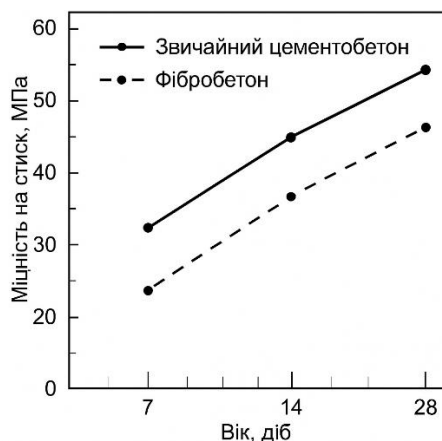


Рисунок 4 – Зростання міцності цементобетону та фібробетону

Важливою складовою сучасних дорожніх конструкцій є використання геосинтетичних матеріалів, які підвищують несучу здатність основи та зменшують нерівномірність деформацій [3, 7]. Роботу георешітки у структурі основи продемонстровано на рисунку 5, з якого видно, що георешітка виконує функцію арматурного каркаса, розподіляючи навантаження та перешкоджаючи зсувним деформаціям у шарі ЩПС або щебеневої основи. Таким чином, геосинтетики дозволяють зменшити товщину конструктивних шарів при збереженні їх механічної ефективності.

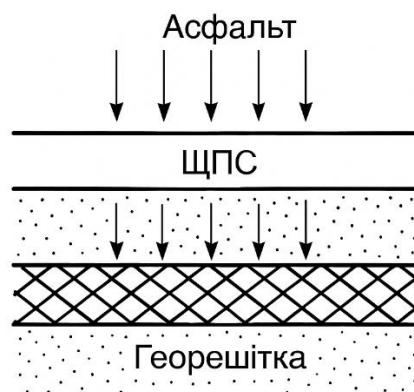


Рисунок 5 – Схема роботи георешітки в шарі основи дорожнього одягу

3. Geosynthetic Institute. URL: <https://geosynthetic-institute.org/>
4. Marcin Gajewski, Renata Horodecka. Реологічні властивості дорожніх модифікованих природним асфальтом. URL: https://nidi.org.ua/files/upload/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B8%20%D1%96%20%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%2017_2018_93-109_%D1%83%D0%BA%D1%80.%D0%B0%D0%BD%D0%B3.pdf
5. Кіщинський С.В. Реологічні властивості асфальтобетонів, модифікованих композиційною добавкою на основі вторинного поліетилену Полідом. *Дороги і мости*. Київ, 2016. Вип. 16. С. 52-69.
6. Белятинський А. О., Краюшкіна К. В. Фізико-хімічна механіка дорожньо-будівельних матеріалів : навч. посібник. К. : НАУ, 2016. 244 с.
7. Кулик І. В., Фоменко О. О. Геосинтетичні матеріали у конструктивних шарах дорожнього одягу автомобільних доріг. Зб. наук. пр. 86-ї міжн. конф., ХНАДУ, 2024, с. 97. URL: https://rcf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/Zbirnik_conf_stud_2024.pdf
8. Самарець С. О., Федоров С. В., Костін Д. Ю. Застосування технології холодного ресайклінгу під час капітального ремонту дорожніх одягів. Зб. наук. пр. 86-ї міжн. конф., ХНАДУ, 2024, с. с. 133. URL: https://rcf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/Zbirnik_conf_stud_2024.pdf
9. Пащенко І. В., Ярещенко Н. В. Підвищення довговічності асфальтобетонного шару покриття дорожнього одягу під час ремонту автомобільної дороги. Зб. наук. пр. 86-ї міжн. конф., ХНАДУ, 2024, с. 115. URL: https://rcf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/Zbirnik_conf_stud_2024.pdf
10. Каськів В. І., Копинець І. В., Соколов О. В. Дослідження золи-винесення електрогенеруючих підприємств з метою її використання як альтернативи вапняковому мінеральному порошку для виробництва асфальтобетонних сумішей. *Дороги і мости : збірник наукових праць*. 2021. Вип. 24. С. 40–47.
11. Ілляш С. І., Мудриченко А. Я., Балашов О. І. Використання акрилової кополімерної добавки Soil Stabilization Plus для приготування сумішей, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу та щебенево-піщаних сумішей у шарах основи дорожнього одягу. *Дороги і мости : збірник наукових праць*. 2021. Вип. 24. С. 48–59.
12. Головка С. К. Дослідження способів повторного використання дорожньо-будівельних матеріалів при ремонті дорожніх одягів капітального типу. *Дороги і мости : збірник наукових праць*. 2021. Вип. 24. С. 60–68.

Рубенко Максим Олександрович – студент групи АДВ-24б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vinita218@gmail.com

Бондар Альона Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua

Rubenko Maksym – student of group ADV-24b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vinita218@gmail.com

Bondar Alena – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua