



Поліщук О. М. [1; ORCID ID: 0009-0003-5700-8679],

аспірант,

Зятюк Ю. Ю. [1; ORCID ID: 0000-0003-3831-6599],

к.т.н., доцент

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

У роботі представлено аналіз сучасних конструктивних рішень та технологій влаштування цементобетонних дорожніх одягів. Розглянуто технологічні особливості багат шарових конструкцій, що включають стабілізовану основу, пісний бетон та високоякісне цементобетонне покриття. Акцентовано увагу на застосуванні сучасних суперпластифікаторів, які дозволяють підвищити міцність, морозостійкість та довговічність бетону. Окрему увагу приділено використанню поліпропіленової та сталеві фібри як альтернативи традиційній арматурі, що дозволяє підвищити тріщиностійкість та несучу здатність покриття. Проведено аналіз вимог до температурного режиму укладання, догляду за бетоном, влаштування деформаційних швів, герметизації та контролю якості робіт. Отримані результати мають прикладне значення для підвищення ефективності та довговічності дорожніх покриттів на основі цементобетону.

Ключові слова: жорсткий дорожній одяг; цементобетон; технологія влаштування; дисперсне армування; міцність; довговічність.

Вступ

У сучасному дорожньому будівництві дедалі більшого поширення набувають технології влаштування жорстких дорожніх одягів, основу яких становлять цементобетонні покриття. Такі конструкції характеризуються високою несучою здатністю, довговічністю, тріщиностійкістю та стійкістю до впливу вологи, температури, деформацій і значних транспортних навантажень.

Цемент як основний в'язучий матеріал дозволяє створювати дорожні одяги з великою експлуатаційною надійністю навіть в умовах складного клімату, високої вологості або активної дії агресивного середовища. Завдяки високій міцності цементобетону та його здатності рівномірно розподіляти навантаження, він успішно

застосовується як у будівництві нових доріг, так і під час капітального ремонту існуючих.

Особливу актуальність будівництво цементобетонних покриттів набуває в умовах воєнного часу, коли швидке відновлення зруйнованої інфраструктури потребує надійних та технологічно ефективних рішень. Вітчизняна та зарубіжна практика демонструє приклади успішного використання цементу у складі жорстких дорожніх конструкцій, особливо в регіонах із високими динамічними навантаженнями, таких як під'їзди до промислових зон, мостові переходи, об'їзні шляхи.

Таким чином, дослідження конструктивних особливостей, технології влаштування цементних дорожніх одягів є надзвичайно актуальним і перспективним напрямом у розвитку транспортної галузі України.

Якісно спроектоване та влаштоване цементобетонне дорожнє покриття характеризується низкою важливих переваг, серед яких: стабільність міцності та деформативності, незалежно від температурних коливань як самого покриття, так і навколишнього середовища; підвищена витривалість до багаторазових циклічних навантажень, що подовжує строк експлуатації; високі показники зносостійкості; доступність місцевої сировини, що зменшує залежність від імпорту; та витрат на транспортування; знижені витрати на утримання та обслуговування; подовжений термін експлуатації, який перевищує строк служби асфальтобетонного покриття у 2–3 рази [1].

Аналіз досліджень і постановка задачі. Окремо увагу в сучасних дослідженнях привертає введення фібри у склад цементобетону. Поширеним підходом є дисперсне армування поліпропіленовими, сталевими чи базальтовими волокнами, яке сприяє перехопленню мікротріщин, рівномірному розподілу напружень у структурі бетону та підвищенню його тріщиностійкості. Експериментально встановлено, що застосування фібробетонів дозволяє підвищити опір ударним і циклічним навантаженням, а також зменшити деформації усадки [2].

Попри численні дослідження з тематики цементних та фібробетонних дорожніх конструкцій, **існує потреба в комплексній оцінці ефективності сумісного використання сталевої та поліпропіленової фібри у реальних дорожніх умовах**, зокрема щодо взаємодії компонентів при змінних кліматичних впливах,



навантаженнях та дії протижеледних (соляних) реагентів у зимовий період.

Постановка задачі дослідження

З урахуванням вищезазначеного, метою даної роботи є:

1. Провести аналіз сучасних конструкцій дорожніх одягів з цементним в'язучим.
2. Дослідити вплив різних типів фібри (сталева, поліпропіленова) на фізико-механічні характеристики цементобетону.
3. Встановити оптимальне співвідношення компонентів цементно-фібробетонної суміші для умов України.
4. Запропонувати ефективні конструктивні рішення для влаштування дорожніх покриттів з фібробетону на основі цементу.

Отримані результати матимуть практичне значення для модернізації технологій будівництва автомобільних доріг в Україні з урахуванням сучасних матеріалів та умов експлуатації.

Як приклад конструкції дорожнього одягу цементобетонної дороги є Н-31 Дніпро-Царичанка-Кобеляки-Решетилівка, яка включає чотири конструктивні шари, що забезпечують високу несучу здатність та довговічність покриття, з урахуванням інтенсивного руху та можливих навантажень [3]:

перший (нижній) шар – це шар стабілізованого ґрунту товщиною 30 см, який укріплюється цементом у кількості 2%. Після ущільнення утворюється міцна та рівномірна основа, здатна ефективно розподіляти навантаження;

другий шар – гравійно-піщана суміш оптимального зернового складу, укріплена 4% цементу, товщина шару – 30 см. Цей прошарок забезпечує додаткову фільтрацію та стабілізацію основи;

третій шар – так званий «пісний бетон» марки С8/10 товщина шару 18 см. Його основна функція – забезпечення рівної та щільної основи під основне покриття, а також покращення зчеплення між шарами;

четвертий (верхній) шар – основне дорожнє покриття з високоміцного бетону марки С35/45, товщиною 26 см. Цей шар безпосередньо сприймає навантаження від транспорту та має підвищену зносостійкість і довговічність.

У результаті сумарна товщина конструкції дорожнього одягу становить 1,04 м, що повністю відповідає сучасним нормативам для доріг підвищеної надійності. З урахуванням ущільненого шару земляного полотна, загальна товщина конструкції дороги може

сягати до 1,5 м, що дозволяє ефективно протистояти впливу динамічних навантажень та сезонних деформацій.

Таке рішення дозволяє забезпечити високу тріщиностійкість, водостійкість, зменшення напружень у конструкції.

Основні компоненти бетонної суміші для улаштування жорсткого дорожнього покриття. Для улаштування дорожнього покриття використовується бетонна суміш С35/45, що забезпечить довговічність і надійність кінцевого продукту навіть в умовах інтенсивного навантаження та агресивного середовища [4; 5].

Цемент: портландцемент марки не нижче ПЦ-II/A-Ш-500 Р-Н. Бажано щоб цемент мав підвищену стійкість до корозійного впливу та забезпечував необхідну міцність у ранні строки твердіння.

Щебінь: гранітний фракції 05–10 мм, повинен мати високий модуль міцності (М1200–1400), що дозволить забезпечити довготривалу зносостійкість покриття.

Пісок кварцовий середньої крупності з Мк 2,1.

Фібра: сталева анкерна виготовлена зі високовуглецевого дроту довжиною 60 мм, діаметром 0,5 мм, міцність при розтягу близько 1000 МПа, поліпропіленова типу «мікроарм» довжина 20 мм, діаметр 0,03 мм.

Також до складу бетонної суміші вводиться полікарбосилатний суперпластифікатор у кількості 04% від маси портландцементу, який забезпечує значне зниження водоцементного відношення без втрати рухомості. Це підвищує не лише міцність на стиск та розтяг за згином, а й тріщиностійкість і довговічність бетону. Завдяки його дії, суміш залишається рухливою, що полегшує її укладання та ущільнення.

Технологічні особливості влаштування покриття. Улаштування розділового шару між нижнім і основним (верхнім) бетоном, використовується спеціальна плівка, що виконує функцію ізоляції між шарами.

У повздовжньому напрямку в бетон вкладаються металеві стержні, покриті захисним антикорозійним шаром. Основна функція стержнів – забезпечення можливого горизонтального переміщення бетонних плит відносно одна одної внаслідок теплового розширення або стиснення.

Після завершення армування виконується нарізка паралельних рифлень, які утворюють шорстку поверхню. Це покращує зчеплення коліс транспортних засобів із покриттям, що важливо як для безпеки, так і для ефективного водовідведення.



Догляд за свіжим покриттям виконують накриттям мішковиною або геотекстилем, які регулярно зволожуються.

Після твердіння цементобетону виконуються роботи з влаштування деформаційних швів, які дозволяють контролювати процес формування тріщин і компенсувати деформації бетону від впливу температурних і механічних навантажень.

Роботи з улаштування жорстких шарів дорожнього одягу повинні проводитися за температури не нижче $+5^{\circ}\text{C}$. У разі підвищеної температури – понад $+30^{\circ}\text{C}$ вдень або добового перепаду температур понад 12°C при вологості менше 50% – бетонування рекомендовано здійснювати у вечірні або нічні години.

При влаштуванні двошарового покриття за один прохід верхній шар має бути не менше двох максимальних розмірів зерен заповнювача. Розрив між укладанням нижнього та верхнього шару не повинен перевищувати: 60 хвилин при $+5...+20^{\circ}\text{C}$; 45 хвилин при $+20...+25^{\circ}\text{C}$; 30 хвилин при $+25...+30^{\circ}\text{C}$ [1].

Результати досліджень та обговорення

Заміна арматури на фібру. У сучасному дорожньому будівництві все активніше замість традиційної арматури застосовують дисперсне армування бетону фіброю – короткими волокнами, які рівномірно розподіляються по всьому об'єму бетонної суміші. Такий підхід дозволяє створити матеріал, у якому волокна ефективно сприймають розтягуючі навантаження, а сам бетон, як і раніше, виконує функцію несучої матриці, що працює переважно на стиск [6]. Це забезпечує підвищену тріщиностійкість і довговічність дорожнього покриття, особливо в умовах динамічного та циклічного навантаження від транспорту.

Використання різних видів фібри в цементобетонних конструкціях залежить від умов експлуатації об'єкта. Основними параметрами є тип об'єкта або середовище експлуатації, рекомендований вміст фібри (у відсотках від маси цементу), а також переваги, які забезпечує той чи інший тип армування [6; 7; 8].

Автомагістралі з високим навантаженням зазвичай армуються сталеву фіброю у кількості 0,5–1,2%. Вона підвищує ударостійкість покриття та значно зменшує утворення тріщин від навантажень.

Міські дороги, особливо в умовах агресивного зимового середовища (застосування солей, волога), ефективно підсилюються сталеву фіброю з цинковим покриттям або полімерною фіброю у дозуванні 0,7–1,5%. Це забезпечує антикорозійний захист та довговічність у складних кліматичних умовах.

Паркінги, стоянки, логістичні хаби доцільно використовувати базальтову фібру в кількості 0,3–0,8%, що забезпечує високу термостійкість, вогнестійкість та жорсткість бетонного покриття.

Мости, розв'язки, віадуки зазвичай піддаються динамічному та температурному навантаженню. Тут рекомендується застосовувати комбіновану фібру (наприклад, сталєво-скляну) у дозі 0,7–1,0%, яка забезпечує стійкість до деформацій та перепадів температур.

Для злітно-посадкових смуг та бетонних плит, що зазнають інтенсивного навантаження від коліс літаків, найкращим вибором є сталєва анкерна фібра з рекомендованим вмістом 1,0–2,0%, яка гарантує високу тріщиностійкість і опір до значних навантажень.

У зонах з високою вологістю (наприклад, поблизу водойм або морське узбережжя) ефективно застосовується поліпропіленова фібра у кількості 0,2–0,6%. Вона значно знижує капілярне водопоглинання та ризик тріщин усадки при висиханні бетону.

Для проведення експерименту виготовлено дослідні зразки а саме: 18 кубів розмірами 10x10x10 см, 8 призм розмірами 10x10x40 см, 9 кубів розмірами 15x15x15 см, 12 призм розмірами 15x15x60 см. Всі контрольні зразки виготовлялися із бетону класу С30/35 складу Ц:Щ:П=1:3,72:2,30 по масі при В/Ц=0,35. Суміш підібрана відповідно до ДСТУ Б В.2.7-215 і 215 і становила на 1 м³: портландцемент ПЦ-І- М 500; щебінь гранітний (фр. 5–10); пісок середньої крупності з Мк 2,91; добавки: пластифікатор 0,5% від витрати цементу; повітровтягувальна добавка 0,01% від витрати цементу; фібра сталєва анкерна, фібра поліпропіленова.



Рис. 1. Приготування бетонної суміші із комбінованого фібробетону в змішувачі примусової дії (поліпропіленовою та сталєвою фіброю)

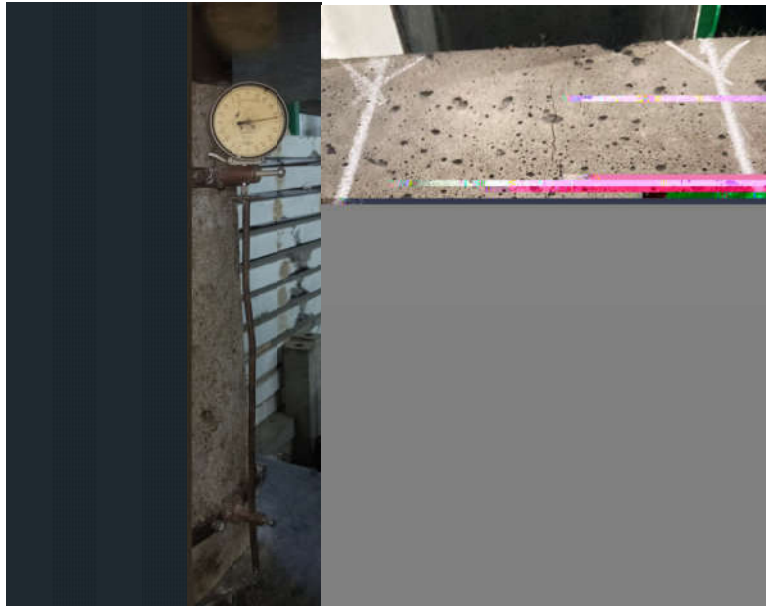


Рис. 2. Випробування зразків-призм на стиск та на згин

Результати свідчать, що сталева фібра значно підвищує несучу здатність і тріщиностійкість бетону за рахунок дисперсного армування в об'ємі, та забезпечує зменшення ширини та кількості тріщин під навантаженням; поліпропіленова фібра ефективно протидіє усадочним і температурним тріщинам у ранні строки тверднення бетону, що особливо актуально при коливаннях температур або при швидкому випаровуванні вологи в умовах відкритого повітря.

Результати досліджень підтвердили, що введення комбінованого армування дозволяє досягти збалансованих показників міцності та деформативності бетону.

Висновки і перспективи досліджень

Оптимальне дозування фібри в бетоні залежить від її типу та призначення конструкції, проте за результатами досліджень і практичного застосування встановлено такі рекомендовані витрати: сталева фібра – 80–100 кг/м³ бетонної суміші – забезпечує значне підвищення тріщиностійкості, ударної міцності та опору згину. Такий об'єм оптимальний для підсилення дорожніх конструкцій, покриттів, промислових підлог та фундаментів, що зазнають значних навантажень; поліпропіленова фібра – 2–3 кг/м³ – основне призначення: підвищення тріщиностійкості на ранніх стадіях твердіння, зменшення усадкових тріщин, поліпшення морозостійкості.

Комбіноване використання сталевий та поліпропіленовий фібри у складі цементобетонних дорожніх одягів дає змогу ефективно

компенсувати недоліки кожного типу армування, підвищуючи загальну надійність і довговічність конструкції.

1. Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад. Зелена книга : посіб. Київ, 2020. 46 с. 2. Високоміцні швидкотверднучі бетони та фібробетони : монографія / Дворкін Л. Й., Бабич Є. М., Житковський В. В. та ін. Рівне : НУВГП, 2017. 331 с. 3. В Україні відкрили першу ділянку бетонної дороги. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/2677344-na-poltavsini-vidkrili-persu-dilanku-betonnoi-trasi.html> (дата звернення: 01.03.2025). 4. ДСТУ 8858:2019. Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови. [Чинний від 2020-01-07]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с. 5. ГБН В.2.3-3764198-557:2016. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. [Чинний від 2017-04-01]. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 70 с. 6. Efficient, Fine-Grained Fly Ash Concrete Based on Metal and BasaltFibers / Dvorkin L., Konkol J., Marchuk V., Huts A. *Materials*. 2023. Vol. 16(11). P. 3969. 7. Hassan H. Z., Saeed N. M. Fiber reinforced concrete: a state of the art. *Discov Mater*. 2024. Vol. 4. P. 101. URL: <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00171-w>. 8. Impact resistance of concrete pavement surface reinforced with fibre mesh. URL: <https://doi.org/10.1080/10298436.2022.2088753>.

REFERENCES:

1. Budivnytstvo tsementobetonnykh dorih dlia mistsevykh hromad. Zelena knyha : posib. Kyiv, 2020. 46 s. 2. Vysokomitsni shvydkotverdnuchi betony ta fibrobetony : monohrafiia / Dvorkin L. Y., Babych Ye. M., Zhytkovskiy V. V. ta in. Rivne : NUVHP, 2017. 331 s. 3. V Ukraini vidkryly pershu dilianku betonnoi dorohy. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/2677344-na-poltavsini-vidkrili-persu-dilanku-betonnoi-trasi.html> (data zvernennia: 01.03.2025). 4. DSTU 8858:2019. Sumishi tsementobetonni dorozhni ta tsementobeton dorozhnii. Tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2020-01-07]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2019. 16 s. 5. HBN V.2.3-3764198-557:2016. Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah zhorstkyi. Proektuvannia. [Chynnyi vid 2017-04-01]. K. : Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2016. 70 s. 6. Efficient, Fine-Grained Fly Ash Concrete Based on Metal and BasaltFibers / Dvorkin L., Konkol J., Marchuk V., Huts A. *Materials*. 2023. Vol. 16(11). P. 3969. 7. Hassan H. Z., Saeed N. M. Fiber reinforced concrete: a state of the art. *Discov Mater*. 2024. Vol. 4. P. 101. URL: <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00171-w>. 8. Impact resistance of concrete pavement surface reinforced with fibre mesh. URL: <https://doi.org/10.1080/10298436.2022.2088753>.



Polishchuk O. M. [1; ORCID ID: 0009-0003-5700-8679],

Post-graduate Student,

Ziatiuk Y. Y. [1; ORCID ID: 0000-0003-3831-6599],

Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor,

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

DESIGN FEATURES AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF CEMENT CONCRETE ROAD PAVEMENTS

The paper presents a comprehensive analysis of modern structural solutions and technologies used in the construction of cement concrete pavements. Particular attention is paid to the design and implementation of multilayer systems that consist of a stabilized base layer, lean concrete, and a high-quality cement concrete surface layer. These multilayer constructions provide enhanced load-bearing capacity and improved resistance to deformation under heavy traffic loads.

A key focus of the study is the use of advanced chemical admixtures, such as superplasticizers and air-entraining agents, which significantly improve the performance characteristics of concrete. These additives contribute to higher compressive strength, improved freeze-thaw resistance, and extended service life of the pavement. Their application is essential in regions with harsh climatic conditions, where durability is a critical factor.

In addition, the paper examines the integration of polypropylene and steel fibers into the concrete mix as a modern alternative to traditional steel reinforcement. The use of such fibers enhances crack resistance, increases tensile strength, and helps distribute loads more evenly across the pavement structure. This approach not only simplifies the construction process but also reduces maintenance needs over time.

The composition of the concrete mix per 1 m³ included: portland cement type PC-I-M 500; Granite crushed stone (fraction 5–10 mm); medium-grained sand with fineness modulus (FM) of 2.91; additives: plasticizer — 0.5% of the cement mass; air-entraining admixture — 0.01% of the cement mass; anchor-type steel fiber; polypropylene fiber.

The study also explores the importance of complying with temperature requirements during placement, proper concrete curing techniques, and the construction of deformation joints. It highlights the need for effective sealing of joints to prevent moisture ingress and subsequent damage. Quality control measures at all stages of construction are emphasized as a fundamental aspect of ensuring long-term performance and safety of cement concrete pavements.

The findings of this research have practical significance and can be used to improve the efficiency, cost-effectiveness, and durability of road

surfaces built with cement concrete, particularly in high-load and climate-challenging environments.

Keywords: Rigid pavement; cement concrete; placement technology; fiber reinforcement; strength; durability.

Отримано: 07 травня 2025 року
Прорецензовано: 02 червня 2025 року
Прийнято до друку: 16 червня 2025 року