

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УКОЧУВАНИХ БЕТОНІВ В УКРАЇНІ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація

Укочуваний бетон (RCC) це перспективний напрямок розвитку дорожньої, промислової, військової та гідротехнічної інфраструктури України. Укочуваний бетон відзначається високою міцністю, швидкістю укладання та економічною ефективністю порівняно з традиційними цементобетонними та асфальтобетонними покриттями. Розглянуто міжнародний досвід їх застосування, а також актуальні виклики впровадження в Україні. Сформульовано практичні рекомендації щодо стандартизації, підбору складів та реалізації пілотних проєктів в Україні.

Ключові слова: цементобетонне покриття, укочуваний бетон, RCC.

Abstracts

Roller-Compacted Concrete (RCC) is a promising direction for the development of road, industrial, military, and hydraulic infrastructure in Ukraine. RCC is characterized by high strength, rapid placement, and economic efficiency compared to traditional concrete and asphalt pavement technologies. The international experience of RCC application and the key challenges of its implementation in Ukraine are reviewed. Practical recommendations for standardization, mix design, and the implementation of pilot projects in Ukraine are provided.

Keywords: cement concrete pavement, roller compacted concrete, RCC.

Вступ

У сучасних умовах будівництва та відновлення України особливого значення набувають технології, що забезпечують довговічність, швидкість виконання робіт та економічну ефективність. Дорожньо-будівельна галузь відіграє ключову роль у функціонуванні транспортної системи країни, а вибір типу покриття визначає надійність та експлуатаційну стійкість автомобільних шляхів. Покриття з укочуваних бетонів (RCC) виготовляють із жорстких цементобетонних сумішей з низьким водоцементним відношенням, яку укладають асфальтоукладальниками та ущільнюють дорожніми котками. Укочуваний бетон потребує менших витрат в'язучої речовини завдяки використанню жорстких сумішей та укладається із застосуванням стандартного дорожнього обладнання — самоскидів, бульдозерів, асфальтоукладчиків і котків. Вони забезпечують можливість швидкого відкриття руху. Однак використання укочуваних бетонів не підходить для доріг із високою інтенсивністю руху, суміш складно якісно ущільнити на повну товщину шару, а під час виконання робіт влітку при підвищених температурах необхідно особливо ретельно контролювати життєздатність суміші та забезпечувати належний догляд за бетоном.

Укочуваний бетон набув широкого застосування в різних країнах світу при облаштуванні портів; спорудженні військової інфраструктури, логістичних центрів, дамб; на дорогах місцевого значення, тимчасових дорогах, а також на промислових підприємствах і виробничих майданчиках [1, 2]. Усі ці сфери використання є актуальними і для України, тому вже активно обговорюються можливість використання укочуваних бетонних покриттів місцевим громадами та аграрними компаніями.

Основна частина

Технологія влаштування укочуваних бетонних покриттів дуже близька до будівництва нижніх шарів та основ доріг з жорсткого дорожнього одягу (грунти, укріплені гідравлічною в'язучою речовиною, «пісні» бетони або суміші холодного ресайклінгу, укріплені портландцементом). Відмінність полягає в різних фізико-механічних характеристиках матеріалів, наприклад, у Німеччині міцність укочуваних бетонів розпочинається з WB25 (характеристична міцність в циліндрах висотою і діаметром 150мм становить 25МПа) [3]. Враховуючи, що шари укочаного бетону використовуються для верхніх шарів покриття, додатково можуть висуватись вимоги до міцності на розтяг при згині та довговічності даного матеріалу.

Укочуваний бетонні суміші виготовляють традиційними бетонозмішувальними заводами або

грунтозмішувальними установками безперервної дії. Транспортують RCC до місця укладки в тентованих самоскидах. Укладання відбувається асфальтоукладчиком з вібруванням верхнього шару віброплитою. Ущільнення здійснюють катками в декілька етапів. Вкрай важливим є догляд за бетоном, оскільки укочуванні бетонні суміші мають низьке водоцементне відношення і випаровування води з поверхні буде критичним.

Проблемним є рівномірне ущільнення всього шару укочуваного бетону. Для цього можуть бути використані катки більшої маси або необхідно скорочувати товщину шару покриття RCC, що піддається ущільненню.

Для забезпечення якісного ущільнення бетонної суміші важливо забезпечити оптимальну вологість суміші, при якій катки досягнуть необхідного ступеня ущільнення RCC. Так при надмірній рухливості бетонної суміші важко забезпечити необхідну рівність поверхні покриття, а якщо бетонна суміш занадто жорстка, то виникають тріщини в процесі ущільнення. В процесі підбору складу доцільно встановлювати залежність максимальної густини бетонної суміші від водопотреби матеріалу (В/Ц) рис. 1 за методом Проктора [4].

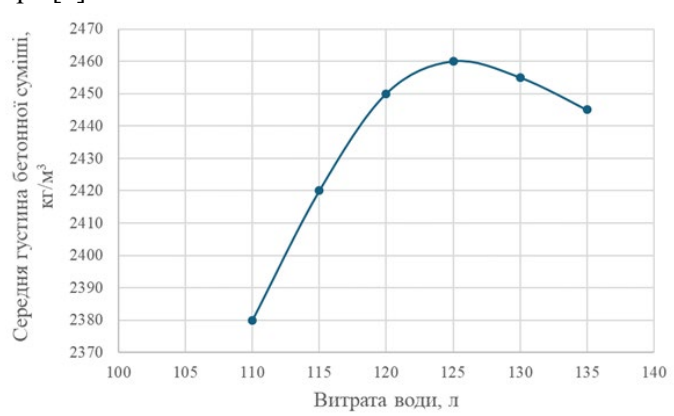


Рис. 1. Залежність середньої густини бетонної суміші від вмісту води (при ущільненні бетонної суміші методом Проктора)

У виробничих умовах для контролю необхідної консистенції бетонної суміші можна використовувати прилад Вебе [5], що дозволить оперативно коригувати склад бетонної суміші. Залежність середньої густини бетонної суміші та часу Вебе наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність консистенції бетонної суміші від витрати води

Витрата води, л	Густина бетонної суміші, кг/м ³	Час Вебе (ДСТУ EN 12350–3:2022), с
110	2380	180
115	2420	160
120	2450	120
125	2460	100
130	2455	60
135	2445	30

В умовах України створюється нормативна база для проектування, виготовлення та випробування укочуваних бетонів. Однак в світі існує безліч методів випробування укочуваних бетонів. Залежно від національних стандартів, зразки укочуваного бетону можуть мати не тільки різну форму, але й бути виготовлені з застосуванням різних методів ущільнення, таких як: осьове стискання (пресування) у циліндричних формах [6], віброударне стискання з використанням вібраційного молотка [7], статичне стискання з імітацією деформацій зсуву з використанням гіраторного ущільнювача [8], вібрування з привантаженням [9].

Різноманітність підходів до методів випробувань іноді створює труднощі для проєктувальників, будівельників і випробувальних лабораторій, оскільки різні методики можуть давати результати, які важко порівнювати між собою. Крім того, відсутність уніфікованих стандартів ускладнює контроль якості та впровадження сучасних технологій у будівництво. Перспективним напрямом є застосування гіраторного ущільнення для виготовлення контрольних зразків укочуваного бетону (RCC), оскільки

цей метод забезпечує можливість відтворення рівня енергії, що використовується для ущільнення, та наближеність до реальних умов роботи важких котків. В той же час цей метод поки що не імплементований у чинні стандарти для укочуваних бетонів і потребує подальшої адаптації та методичного обґрунтування. Порівняння різних методів ущільнення зразків наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Зміна середньої густини зразків укочуваних бетонів, отриманих за різними технологіями ущільнення

Час твердін ня, діб	Середня густина зразків, при використанні різних способів ущільнення бетонної суміші, г/см ³											
	віброударне стискання (перфоратором)			статичне стискання з зсувом (гіраторним ущільнювачем)			осьове стискання (прес)			вібрування з привантаженням (віброплощадка, привантаження)		
7	2,43	2,45	2,46	2,42	2,45	2,45	2,40	2,40	2,43	2,43	2,44	2,44
	2,45			2,44			2,41			2,44		
28	2,44	2,42	2,45	2,45	2,44	2,43	2,41	2,42	2,42	2,42	2,43	2,43
	2,44			2,44			2,42			2,43		
Коефіцієнт ущільнення												
7	0,99			0,99			0,98			0,99		
28	0,99			0,99			0,98			0,98		

Отримані результати свідчать про достатньо високу якість ущільнення укочуваних бетонних сумішей різними способами. Однак, результати досліджень методів ущільнення лабораторних зразків таких бетонів свідчать про те, що вибір методики лабораторного ущільнення істотно впливає на кінетику нарощування міцності та однорідність отриманих даних.

Серед досліджених методів найбільш достовірним і репрезентативним виявився метод статичного стискання зі зсувом у гіраторному ущільнювачі, оскільки він найбільш точно імітує роботу котків у польових умовах та забезпечує високий ступінь відтворення отриманих результатів.

Економічна ефективність укочуваних бетонів зумовлена комплексом факторів. По-перше, технологія RCC передбачає використання стандартного дорожньо-будівельного обладнання, що усуває потребу в дорогих бетоноукладачах. По-друге, собівартість суміші є нижчою завдяки зменшенню вмісту в'язучої речовини — найбільш дорогого компонента. По-третє, укочувані бетони характеризуються досить низькими експлуатаційними витратами, оскільки потребують мінімального поточного ремонту. Сукупність цих переваг забезпечує зменшення вартості покриття порівняно з звичайним цементобетонним дорожнім покриттям.

Висновки

Використання технології укочуваних бетонів є доцільним рішенням для України, оскільки забезпечує високу швидкість улаштування та зниження вартості будівництва. Зростаючий попит на надійні покриття для місцевих доріг, логістичних центрів та промислових об'єктів робить укочувані бетони одним із найбільш перспективних технологічних напрямів. При цьому в Україні створені передумови для впровадження даної технології: наявна матеріально технічна база та ресурсна незалежність від закордонних бітумів. Однак для ширшого використання даного матеріалу необхідно сформувати відповідну нормативну базу та впровадити передові методи випробування укочуваних бетонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Report on Roller-Compacted Mass Concrete (ACI 207.5R-11). USA, 2011. 73 p. URL: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=207511&Format=PROTECTED_PDF&Language=English&Units=US_AND_METRIC.
2. Adaska W. S. Roller-Compacted Concrete (RCC). Skokie, IL : Portland Cement Association, 2006. 12 p. (Research & Development Information ; Serial No. 2975. URL: https://www.cement.org/wp-content/uploads/2024/08/sn2975.pdf?utm_source.
3. Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen : Merkblatt. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2000. 20 s.
4. ДСТУ EN 13286-2:2021. Суміші неукріплені та укріплені гідравлічним в'язучим. Частина 2.

Методи випробування для лабораторного контролю щільності та вмісту води. Ущільнення за методом Проктора (EN 13286-2:2010; АС:2012, IDT). – [Чинний від 01.12.2021]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 20 с.

5. ДСТУ EN 12350-3:2022. Випробування бетонної суміші. Частина 3. Визначення жорсткості бетонної суміші за Вебе (EN 12350-3:2019, IDT). [Чинний від 31.12.2023]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2022. 9 с.

6. ДСТУ Б В.2.7-309:2016. Ґрунти, укріплені в'язучим. Методи випробувань. [Чинний з 2017-07-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016. 27 с.

7. ДСТУ ASTM C1435/C1435M:2025. Стандартна методика формування бетону, ущільненого котком, у циліндричних формах із застосуванням вібраційного молотка (ASTM C1435/C1435M-20, IDT). [Чинний з 01.12.2025]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2025. 5с.

8. ДСТУ EN 12697-31:2021. Суміші бітумні. Методи випробування. Частина 31: Підготовка зразків за допомогою гіраційного ущільнювача (EN 12697-31:2019, IDT) [Чинний від 01.12.2021]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 23 с.

9. ДСТУ ASTM C1176/C1176M:2025. Стандартна методика виготовлення бетону, ущільненого котком, у циліндричних формах із застосуванням вібраційного стола (ASTM C1176/C1176M-20, IDT). [Чинний з 01.12.2025]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2025. 7с.

Пушкарьова Катерина Констянтинівна - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, pushkarova.kk@knuba.edu.ua .

Чайковський Віталій Володимирович – продукт-менеджер «МЦ Баухемі», аспірант кафедри будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва і архітектури Київ, chaikovskiy_vv-2023@knuba.edu.ua .

Kateryna Pushkarova- Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department, Department of Building Materials, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, pushkarova.kk@knuba.edu.ua.

Vitalii Chaikovskiy – Product-manager MC-Bauchemie, PhD Student Department of Building Materials Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, chaikovskiy_vv-2023@knuba.edu.ua .