

ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ КАВИ У ВИРОБНИЦТВІ БЕТОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Останнім часом у світі зростає споживання кавових напоїв, що призводить до збільшення обсягів відходів кавової гущі, яка може стати екологічною проблемою. Одним із найефективніших способів зменшити забруднення є переробка цих відходів для виготовлення нових будівельних матеріалів. Ця робота спрямована на дослідження можливості використання відходів кави як дрібного заповнювача у виробництві будівельних матеріалів на основі бетону.

Ключові слова: кавові відходи, кава, бетон, повторне використання, утилізація, рециклінг, екологічні матеріали, вторинна сировина, будівельні матеріали.

Abstract

Recently, the consumption of coffee drinks has been increasing in the world, which leads to an increase in the volume of coffee grounds waste, which can become an environmental problem. One of the most effective ways to reduce pollution is to recycle this waste to make new building materials. This work is aimed at investigating the possibility of using coffee waste as a fine aggregate in the production of concrete-based construction materials.

Keywords: coffee waste, coffee, concrete, reuse, utilization, recycling, ecological materials, secondary raw materials, building materials.

Вступ

Використання відходів промисловості як вторинної сировини в будівництві є актуальним напрямком досліджень для зниження екологічного навантаження. Одними із перспективних матеріалів у контексті рециклінгу є кавові відходи, які здебільшого представлені у вигляді кавового макуху, що може використовуватися у виробництві бетонних матеріалів та сумішей як частковий замітник традиційних компонентів. Щорічно у світі виробляється кілька мільйонів тонн кавової гущі, яка часто викидається на звалища або спалюється. Це створює додаткове екологічне навантаження. З іншого боку, бетон є одним з найбільш використовуваних матеріалів у будівництві, і пошук нових екологічних добавок може зменшити викиди CO₂ та використання природних ресурсів.

Метою роботи є дослідження можливостей повторного використання кавових відходів як часткового замітника цементу або піску в бетонних сумішах, оцінка їх впливу на фізико-механічні властивості бетону та визначення оптимальних пропорцій для використання в будівельних проектах.

Результати дослідження

Хоча кава і не відноситься до продуктів першої необхідності, за даними [1] населення світу споживає щорічно близько 500 млрд чашок кави. Високий попит на даний продукт формує позитивну динаміку зі збільшення світової тенденції виробництва кави щонайменше за останнє десятиріччя. Графік виробництва кави за останні 10 років за даними [2] представлений на рис. 1.

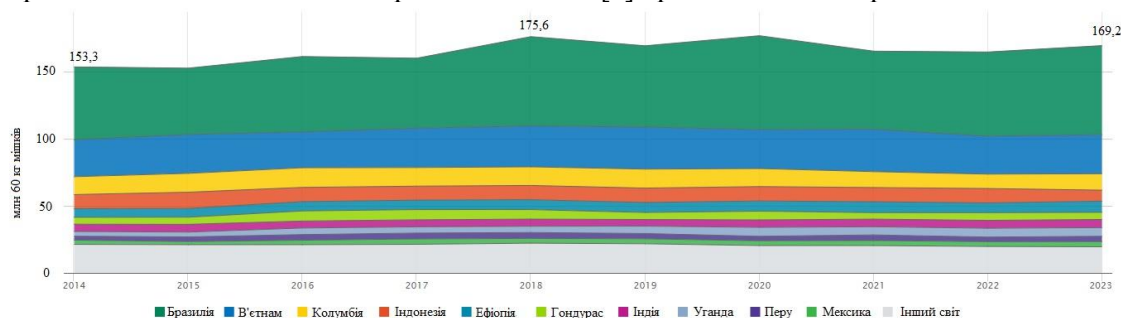


Рисунок 1 — Обсяги виробництва кави з 2014 по 2023 рр.

З графіка видно, що збільшення обсягів виробництва кави зросло від 153,3 млн 60-кг мішків у 2014 р. до 169,2 млн 60-кг мішків у 2023 р., тобто приріст виробництва кави за даний період становить близько 10,37%. Причому деякі зниження виробництва кави відносно загальної зростаючої тенденції, наприклад, у 2019, 2021 та 2022 рр. були по'язані з впливом кліматичних умов цих років.

Україна входить у 30-ку країн за найбільшим споживанням кави у світі [3]. Станом на 2023 р. у м. Києві споживання кави призводило до утворення близько 14 тонн мокрої кавової гущі на добу [4]. Кавова гуща (рис. 2) відноситься до побутових органічних відходів, тому більша її частина утилізується шляхом розміщення на полігонах, де часто відсутні умови для планового швидкого розкладання відходів даного типу.



Рисунок 2 — Зовнішній вигляд кавових відходів

Дослідження [4] демонструють негативний вплив кавових відходів на стан ґрунтів шляхом підвищення їх кислотності, особливо на урбанізованих територіях, що викликає необхідність перегляду підходів до утилізації кавових відходів. Одним із напрямків вирішення даного питання може бути повторне використання відходів кави для виробництва будівельних матеріалів.

Відомі дослідженнями застосування кавових відходів для виробництва будівельних матеріалів таких науковців: Р. Ройчанд, Ш. Кілмартін-Лінч, М. Саберян, Ц. Лі, Г. Чжан, Ч. Цін Лі, Г. Мохамед, Б. Джаміла, А. Доннолі, І. Бондеренко, П. Олів, Б. Гілл, А. Альшаліф, Ю. М. Азріл, Дж. М. Ірван, А. Мутафі, Х. Альшаїр, С. Хакім та ін.

Останніми роками кавові відходи отримали зосереджену увагу науковців як додатковий компонент або компонент заміщення при виробництві матеріалів на бетонній основі, оскільки це має екологічні та економічні переваги. Повторне використання кавових відходів дозволяє зменшити обсяг викидів сміття, а також знизити споживання цементу та піску в будівництві, що може зменшити загальну вартість виробництва виробів на основі бетону. Крім того, це сприяє розвитку циркулярної економіки в будівельній галузі.

З метою дослідження можливості додавання кавової гущі в бетон її можна розглядати як:

- наповнювач на заміну частини піску або дрібного щебеню, що може зменшити масу бетону;
- додатковий компонент для покращення властивостей, наприклад, зменшення щільності, покращення теплоізоляційних властивостей матеріалу тощо;
- органічний компонент для утилізації відходів.

Дослідження [5] дозволяє зробити висновок, що відходи кавової гущі можуть ефективно використовуватися в ролі заповнювачів у будівельних матеріалах. Попередні експерименти показали, що введення кавової гущі в бетонні суміші може покращити теплоізоляційні властивості бетону, а також частково зменшити щільність матеріалу. При цьому важливо дотримуватися певних пропорцій, щоб не погіршувати інші властивості композитного матеріалу. Станом на зараз проводиться ряд досліджень щодо впливу різних концентрацій кавових відходів у загальній суміші.

Відоме дослідження використання кавової гущі як часткового замітника цементу у складі композитного будівельного матеріалу на основі бетону, а саме біопінобетонної цегли (B-FCB). За результатами досліджень [6] найкращі результати отримують при заміні 10% від загального вмісту цементу кавовими відходами. Внаслідок цього відходи кави ефективно зменшили глибину

карбонізації в біопінобетонній цеглі, шляхом перешкоджанню проникнення вуглекислого газу (CO₂) в бетон.

Аналізуючи вплив використання добавок з кавових відходів у виробництві бетону, варто відзначити важливі характеристики, які дають можливість оцінити якість нового будівельного матеріалу. До них відносяться міцність на стиск, водопоглинання, теплоізоляція, щільність та довговічність.

Дослідження показують, що відпрацьована кавова гуща вимиває органічні сполуки, які погіршують перебіг реакції гідратації та знижують показник міцності бетону на стиск. Наприклад, у роботі [7] описано, що при заміні 15 об.% піску на піролізовану кавову гущу при 350 °C забезпечує підвищення міцності бетону на орієнтовно на 30%. Результати випробувань зразків за показником міцності на стиск за даними [7] наведені на рис. 3.

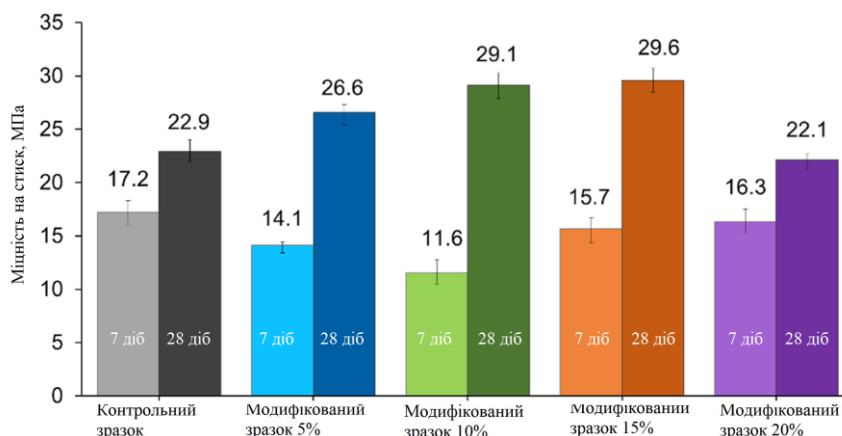


Рисунок 3 — Результати випробувань міцності на стиск зразків бетону з різним вмістом кавових відходів

Дані випробувань демонструють можливий позитивний вплив кавових добавок на міцнісні характеристики бетону, особливо при 10% та 15% заміні об'єму піску кавовими відходами.

Перспективи подальших досліджень. Наступним етапом є вивчення впливу кавових відходів на довговічність бетонних конструкцій, а також розробка методики масового впровадження цієї технології у будівельну практику. Оптимізація рецептури бетону — додавання кавової гущі у певних пропорціях, щоб досягти прийняттого балансу між міцністю та екологічністю.

Висновки

Дослідження підтверджують можливість ефективного використання кавових відходів як вторинної сировини у виробництві бетону. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення технології виробництва, оптимізації складу будівельних сумішей та перевірку довготривалої стійкості таких матеріалів у реальних умовах експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Россоха В. В., Потенціал ринку кави в Україні та світі. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 65. С. 129-140. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-44>
2. Coffee Production. USDA Foreign Agricultural Service. URL: <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100> (Last accessed: 18.09.2024).
3. Coffee market report. International Coffee Organization. Coffee report and outlook. December, 2023. 43 p. URL: https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf (Last accessed: 18.09.2024).
4. Кочетов М. С., Тихомирова Т. С. Дослідження впливу відходів споживання кави на рівень рН ґрунтів. Проблеми надзвичайних ситуацій: Збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 16 травня 2024 р., Харків, 2024. С. 306-307. URL: <http://pb.nuczu.edu.ua/images/ppnp/naukovadijalnist/PES-2024.pdf#page=308> (Last accessed: 19.09.2024).
5. Saberian M., Li J., Donnoli A., Bonderenko E., Oliva P., Gill B., Lockrey S., Siddique R. Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 289.

125837. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.12583>

6. Ishalif A. F., Azril Y. M., Irwan J. M., Mutafi A., Alshaeer H. A. Y., Hakim S. J. S. The use of coffee waste in bio-foamed concrete brick (B-FCB) to reduce the penetration of carbon dioxide (CO₂) into concrete. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. Vol. 1347. 012080. 09.10.2023 – 10.10.2023. Kuala Lumpur, Malaysia. 9 p. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1347/1/012080>

7. Roychand R., Kilmartin-Lynch S., Saberian M., Li J., Zhang G., Qing Li C. Transforming spent coffee grounds into a valuable resource for the enhancement of concrete strength. Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 419. 138205. 15 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138205>

Горюн Олег Олегович — асистент кафедри Інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oleggoriun@vntu.edu.ua, URL: ORCID 0000-0001-5678-835X

Oleh Horiun — assistant of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oleggoriun@vntu.edu.ua, , ORCID 0000-0001-5678-835X