

ВИКОРИСТАННЯ ЗБАГАЧЕНИХ БАЗАЛЬТОВИХ ВІДСІВІВ У ВИРОБНИЦТВІ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

¹Вінницький національний технічний університет;

²ДПТНЗ «Хмільницький аграрний центр ПТО»

Анотація:

У цій роботі досліджено можливість використання збагачених базальтових відсівів як заміну традиційному кварцовому піску у виробництві важких бетонів. Ми з'ясували, що завдяки високій густині та міцності базальту, бетон на таких відсівах показує кращі показники міцності на стиск, вищу хімічну стійкість і довговічність у порівнянні з аналогами на звичайному піску. Окрім покращення технічних характеристик, це ще й вирішує екологічне завдання — утилізацію відходів від дроблення гірських порід. Результати роботи можуть бути корисними для будівельної індустрії, де постійно шукають способи зробити бетон міцнішим та водночас економнішим.

Ключові слова: базальтові відсіві, важкий бетон, дрібний заповнювач, міцність на стиск, адгезія, довговічність.

Abstract

This paper investigates the possibility of using enriched basalt screenings as a replacement for traditional quartz sand in the production of heavy concrete. We found that due to the high density and strength of basalt, concrete made with such screenings exhibits better compressive strength, higher chemical resistance, and durability compared to its analogues made with conventional sand. In addition to improving technical characteristics, this also solves an environmental problem — the recycling of rock crushing waste. The results of this work can be useful for the construction industry, which is constantly looking for ways to make concrete stronger and, at the same time, more cost-effective.

Keywords: basalt screenings, heavy concrete, fine aggregate, compressive strength, adhesion, durability.

Вступ

Будівельна індустрія займається постійним пошуком шляхів підвищення експлуатаційних характеристик бетонів [1-4]. Використання саме базальтових відсівів в якості дрібного заповнювача є досить перспективним напрямком, адже на відміну від кварцового піску, відсів має вищу адгезію з цементним каменем та кращі фізико-механічні показники [5-8]. Його використання дозволяє покращити міцність на стиск, підвищити хімічну стійкість та довговічність бетонних конструкцій, а також є актуальним екологічним та економічним завданням [9-11].

Результати дослідження

Базальт – магматична гірська порода з тонкою мікроструктурою, що забезпечує стабільність фізичних властивостей на мікрорівні. Характеризується мінімальною пористістю, високою

середньою густиною – 2600-3000 кг/м³. Він є однією з найміцніших вивержених порід, що має міцність на стиск 200-300 МПа.

Відсів подрібнення базальту є продуктом переробки магматичних гірських порід, що утворюються під час другої та третьої стадій подрібнення щебню [12-14]. Їхня частка складає від 18% до 25% від об'єму гірської маси, а за умови виробництва «кубовидного» щебеню цей показник може досягати 36%.

Проте, використання рядового відсіву часто обмежене через високий вміст пиловидних і глинистих частинок (до 20-25%), що різко збільшує водопотребу та знижує міцність. Тому, відсів проходить процес збагачення – його очищують від пилу (вміст пилових часток знижують до 3-5%), також він проходить фракціонування та класифікацію, що забезпечує стабільний графік просіювання. У таблиці 1 наведено узагальнені дані щодо вмісту шкідливих домішок, водопотреби, витрати цементу та впливу на міцність бетонних конструкцій.

Таблиця 1. Порівняння характеристик рядового та збагаченого базальтового відсіву

	Природний кварцовий пісок	Збагачений базальтовий відсів
Форма зерен	Округла, гладка	Гострокутна, шорстка
Власна міцність породи	60-12 МПа	170-200 МПа
Істинна густина	2600–2650 кг/м ³	2850–3100 кг/м ³
Водопоглинання	1.0–2.0%	0.2–0.5%
Вміст пилу (після збагачення)	1.5–3.0%	2.0–3.0%
Хімічна стійкість	Стійкий переважно до кислот	Стійкий до лугів, кислот та сульфатів

Отже, збагачення базальтового відсіву дозволяє знизити вміст пиловатих часток до нормованого рівня (3–5%), що забезпечує зменшення водопотреби, економію цементу до та підвищення марочної міцності на 15–25% порівняно з рядовим відсівом.

Окрім очищення від пилу, важливим аспектом є оцінка збагаченого базальтового відсіву як заміни природному кварцовому піску[15-17]. У таблиці 2 наведено порівняння їхніх ключових характеристик.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика природного кварцового піску та збагаченого базальтового відсіву

	Рядовий базальтовий відсів	Збагачений базальтовий відсів
Вміст пиловатих і глинистих часток	10-15 % (високий)	3-5%
Водопотреба суміші	Критично висока	Збільшення на 10-15л
Витрата цементу	Перевитрата 10-20%	Економія до 10%
Вплив на марочну міцність	Знижує	Підвищення на 15-25%

Таким чином, базальтовий відсів перевищує пісок за формою зерен, міцністю, та хімічною стійкістю. Це свідчить про те, що базальт можна ефективно застосовувати замість піску.

Зв'язок між заповнювачем та цементом в першу чергу зумовлений зчепленням цементної суміші з шорсткою поверхнею заповнювача. Якщо порівнювати річковий кварцовий пісок, що має обкатану форму зерен, базальтовий відсів характеризується гострокутною та лещадною формою зерен, що забезпечує мікрошорсткість поверхні та певні переваги: цементне тісто проникає в мікропори базальтового зерна, а після твердіння утворюється фізичне зчеплення, яке в рази збільшує опір зсуву та відриву. При використанні звичайного піску навколо зерен може утворюватись водяна плівка, що робить контактну зону пористою та слабкою. Базальтовий відсів за рахунок свого мінералогічного складу та мінімального вмісту пилу (завдяки процесу збагачення) мінімізує накопичення вільної води на межі розподілу фаз та сприяє формуванню максимально щільної структури гідратів силікату кальцію на поверхні заповнювача. В результаті контактна зона стає не найслабшою, а найміцнішою частиною бетонної матриці, що забезпечує підвищення міцності на розтяг при вигині на 10–15% та загальне зростання марочної міцності бетону на 15–25%.

Основним недоліком використання базальтових відсівів є збільшена водопотреба суміші, це можна пояснити шорсткою структурою поверхні зерен та дрібнодисперстних частинок. За тими ж причинами, суміш на основі базальтового відсіву буде мати недостатню рухливість, особливо це буде помітно, наприклад, під час монолітного будівництва, де дуже важливим є легка подача суміші до конструкції. Щоб компенсувати цей недолік, треба збільшувати кількість води, або використовувати пластифікуючі добавки, це або знижує міцність бетону, або збільшує економічні витрати.

Висновки

У підсумку можна сказати, що використання збагаченого базальтового відсіву замість звичайного кварцового піску дає змогу суттєво покращити якість важкого бетону, насамперед завдяки кращій адгезії між заповнювачем і цементним каменем — гострокутна та шорстка форма зерен створює міцне фізичне зчеплення, тож контактна зона перестає бути слабкою ланкою і навіть стає найміцнішою частиною бетонної матриці. Як наслідок, марочна міцність зростає на 15–25%, а міцність на розтяг при згині — на 10–15%.

Водночас є й недолік: через ту саму шорсткість і наявність дрібних частинок бетонна суміш потребує більше води і втрачає рухливість, що особливо критично при монолітному будівництві. Доводиться або додавати воду, або використовувати пластифікатори. Проте екологічна складова — утилізація відходів дроблення базальту — та економічна вигода від заміни привізного піску місцевою сировиною роблять технологію цілком перспективною, особливо якщо правильно підібрати добавки для забезпечення потрібної рухливості без втрати міцності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zoria, P., R. Zablotskyi, and V. Kovalskiy. *Use of dry construction mixture waste*. Diss. ВНТУ, 2025.
2. Hladyshev, D., et al. *Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions*. International Science Group, 2023. Hladyshev, D., et al. *Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions*. International Science Group, 2023.
3. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-43-96 — [Чинний від 1997-04-01]. — К.: Держкоммістобудування України, 1997. — 34 с.
4. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-32-95 — [Чинний від 1996-07-01]. — К.: Мінбудархітектури України, 1996. — 22 с.
5. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).
6. Любарський С. С., Ковальчук В. В., Ковальський В. П. Перспективи будівництва цементобетонних доріг в Україні // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-

- 2025)», Вінниця, 15-16 червня 2025 р. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/25687>.
7. Bereziuk V. et al. High-precision ultrasonic method for determining the distance between garbage truck and waste bin //Mechatronic Systems 1. – Routledge, 2021. – С. 279-290.
 8. Guo M., Nian T., Li P., Kovalskiy V. P. Exploring the short-term water damage characteristics of asphalt mixtures: The combined effect of salt erosion and dynamic water scouring. Construction and Building Materials. 2024. Vol. 411. P. 134310.
 9. Ковальський, В. П., та Сідлак, О. С. "Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах." Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві 16 (2014): 35-40.
 10. M. Guo, V. P. Kovalskiy, T. Nian, and P. Li “Influence of Deicer on Water Stability of Asphalt Mixture under Freeze–Thaw Cycle,” Sustainability, vol. 15, no. 18, p. 13707, 2023.
 11. Analysis of high-grade asphalt pavement maintenance construction technology / V.R. Serdyuk, Mingjun Guo, V. P. Kovalskiy, V.S. Lyubarsky // Гідротехнічне і транспортне будівництво : зб. тез міжнар. наук.-техн. конф. — Одеса : ОДАБА, 2024. — С. 66-70.
 12. Kovalskiy V., Mingjun G. EFFECT OF DEICING SALT ON PERMEABILITY COEFFICIENT OF ASPHALT MIXTURE UNDER FREEZE-THAW CYCLE //SWorldJournal. – 2023. – №. 22-02. – С. 3-10.
 13. Будівельні матеріали. Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-75-98 — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держбуд України, 1999. — 31 с.
 14. Ковальський, В. П., Очеретний, В. П., Лемешев, М. С., та Бондар, А. В. "Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей." Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди 26 (2013): 186-193.
 15. Корнило, І., Гнип, О., Лемешев, М., Березюк, О., Сівак, К., Романова, М., ... та Наритник, Т. (2022). *Наукові основи досліджень в інженерії*. Міжнародна наукова група.
 16. Ратинська, В. Л., В. С. Любарський, and В. П. Ковальський. *Декоративні штукатурки на основі сухих будівельних сумішей*. ВНТУ, 2024.
 17. Тимошенко, В. О., В. П. Ковальський, and Д. В. Собчук. Підвищення міцності монолітного каркасу багатоповерхових будинків за рахунок використання фібробетону. Diss. ВНТУ, 2025.

Сіжук Анастасія Миколаївна – студентка групи Бм-246 факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, asiasizhuk@gmail.com

Ковальський Віктор Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua

Вознюк Ігор Михайлович – викладач, ДПТНЗ «Хмельницький аграрний центр ПТО», м. Хмельник.

Sizhuk Anastasia Mykolaivna – student of Faculty of Construction and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: asiasizhuk@gmail.com

Kovalskiy Viktor Pavlovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua

Voznyuk Igor M. – teacher of State Vocational and Technical Educational Establishment “Khmilnyk Center of Vocational and Technical Education”, Khmilnyk.