УДК 691.355

О. В. Христич, А. Є. Повзун, А. Д. Якимець

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНОГО ЛОМУ У ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ЗАХИСНИХ СПОРУД

Анотація. *Розглянуто можливості використання продуктів рециклінгу будівельного лому як заповнювача габіонних конструкцій, що можуть застосовуватися під час зведення інженерних захисних споруд. Проаналізовано особливості фізико-механічних властивостей вторинних матеріалів, потенційні механізми дисипації енергії динамічних впливів, а також екологічні й економічні аспекти їх повторного використання. Особливу увагу приділено перспективам застосування дробленого бетону та цегляного бою як альтернативи природному каменю.*

Ключові слова: *будівельний лом, рециклінг, габіонні конструкції, вторинний заповнювач, захисні споруди.*

Abstract. *This paper examines the possibilities of using recycled construction waste as fill material for gabion structures, which can be employed in the construction of protective engineering structures. The study analyzes the specific physical and mechanical properties of recycled materials, the potential mechanisms for dissipating the energy of dynamic impacts, as well as the environmental and economic aspects of their reuse. Particular attention is paid to the prospects for using crushed concrete and broken brick as alternatives to natural stone.*

Keywords*: construction debris, recycling, gabion structures, recycled aggregate, protective structures.*

Вступ

Збільшення обсягів будівельних відходів унаслідок руйнування житлових, промислових та інфраструктурних об'єктів актуалізує питання їх раціонального використання у будівельній галузі. Одним із перспективних напрямів є залучення продуктів рециклінгу до виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій, що дозволяє зменшити навантаження на природні ресурси та скоротити обсяги відходів, які потребують захоронення.

Паралельно з цим зростає потреба у швидкому зведенні інженерних захисних споруд для забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури та інших важливих об'єктів. У цьому контексті увагу привертають габіонні конструкції, які характеризуються простотою монтажу, можливістю використання різноманітних сипких матеріалів та відносною технологічною гнучкістю.

Поєднання цих двох напрямів створює передумови для розгляду можливості використання вторинного будівельного лому як альтернативного заповнювача габіонних систем.

Основна частина

Основними продуктами рециклінгу, які можуть розглядатися для заповнення габіонів, є дроблений бетон, цегляний бій та суміші мінеральних будівельних відходів. Після сортування, очищення та дроблення такі матеріали можуть використовуватися як вторинний заповнювач.

Безпосередньо можливість такого застосування досліджували J. A. Paschoalin Filho та співавтори [1]. У своїй роботі автори порівнювали габіони, заповнені подрібненими будівельними відходами, із конструкціями, заповненими базальтовим каменем. За результатами лабораторних досліджень встановлено, що горизонтальні та вертикальні переміщення габіонів із вторинним заповнювачем були близькими до показників конструкцій із природним каменем для розглянутої підпірної стіни заввишки від 5 м.

Це дослідження демонструє, що будівельні відходи можуть розглядатися не лише як матеріал для виготовлення вторинних бетонів, а й як безпосередній заповнювач сітчастих конструкцій. Водночас результати стосуються конкретних умов випробувань і не є універсальним підтвердженням придатності всіх видів будівельного лому..

Одним із важливих етапів використання будівельного лому є його попередня підготовка. Вона передбачає сортування матеріалів за походженням, видалення сторонніх включень, дроблення та фракціонування.

За даними R. Wang, N. Yu та Y. Li [2], вторинний бетонний заповнювач має певні особливості порівняно з природним каменем. Зокрема, на його поверхні можуть залишатися частинки цементного розчину, а структура характеризується підвищеною пористістю та наявністю мікротріщин. Це впливає на водопоглинання, міцність і довговічність матеріалу.

Для габіонних конструкцій важливе значення має також розмір частинок. Занадто дрібний заповнювач може висипатися крізь отвори металевої сітки, тому необхідно враховувати співвідношення між розміром фракцій та параметрами каркаса. Крупні фракції дробленого бетону та цегляного бою можуть розглядатися як основний матеріал заповнення, тоді як використання дрібних фракцій потребує додаткових конструктивних рішень.

Таким чином, раціональне використання вторинної сировини передбачає не лише її наявність, а й відповідність фізико-механічних характеристик умовам експлуатації габіонної споруди..

Однією з особливостей габіонних конструкцій є їхня дискретна структура. На відміну від монолітних бетонних споруд, вони складаються з окремих елементів заповнювача, які взаємодіють між собою та з металевим каркасом.

Під час дії динамічних навантажень частина енергії може поглинатися внаслідок переміщення частинок, їх зіткнення, тертя та локального руйнування. Такі процеси супроводжуються дисипацією енергії та можуть забезпечувати демпфуючий ефект.

У дослідженні L. Chen та співавторів [3] розглянуто поведінку габіонних стін під дією вибухових навантажень. Автори провели експериментальні випробування за різних умов вибухового впливу та проаналізували реакцію конструкцій. Результати підтверджують важливість урахування параметрів навантаження, щільності та конструктивних характеристик габіонної стіни під час оцінювання її захисних властивостей.

Екологічна та економічна доцільність.

Використання будівельних відходів у габіонних конструкціях відповідає принципам циркулярної економіки, які передбачають повторне залучення матеріалів до виробничого процесу. У Європейському протоколі управління відходами будівництва та знесення [4] особлива увага приділяється сортуванню, вибірковому демонтажу, контролю якості та повторному використанню будівельних матеріалів.

Однією з переваг такого підходу є можливість локального перероблення будівельного лому поблизу місця виконання робіт. Використання мобільного дробильного обладнання дозволяє отримувати вторинний заповнювач безпосередньо на будівельному майданчику, що потенційно зменшує транспортні витрати та потребу в постачанні природного каменю.

Крім того, повторне використання бетонного та цегляного лому сприяє зменшенню обсягів відходів, що направляються на захоронення, та скороченню використання первинних природних ресурсів.

Разом із тим економічна ефективність такого рішення залежить від витрат на сортування, очищення, дроблення й транспортування матеріалів, а також від необхідності забезпечення їхньої відповідності технічним вимогам.

Висновки

Використання продуктів рециклінгу будівельного лому для влаштування захисних габіонних споруд є перспективним напрямом раціонального використання вторинних матеріальних ресурсів у будівництві. Результати досліджень підтверджують можливість застосування подріб-

нених будівельних відходів як заповнювача габіонів за певних конструктивних та експлуатаційних умов.

Основними перевагами такого підходу є скорочення обсягів будівельних відходів, зменшення потреби у природному камені та можливість локального перероблення вторинної сировини. Водночас важливими умовами її використання залишаються попереднє сортування, фракціонування та оцінювання фізико-механічних характеристик.

Отже, застосування продуктів рециклінгу в габіонних конструкціях можна розглядати як раціональне рішення, що поєднує потреби інженерного захисту з принципами ресурсозбереження. Подальше дослідження цього напряму доцільно зосередити на оцінюванні міцності, деформативності, довговічності та динамічних характеристик габіонів із різними видами вторинного заповнювача.

Список використаних джерел:

1. Рябцева П. Р., Разенкова А. С., Седякіна Л. В. Рециклінг будівельних відходів у зведенні захисних споруд. Теорія та практика дизайну. 2026. DOI: 10.32782/2415-8151.2026.40.19

2. Paschoalin Filho J. A., Camelo D. G., de Carvalho D., Guerner Dias A. J., Versolatto B. A. M. Use of construction and demolition solid wastes for basket gabion filling. Waste Management & Research. 2020. Vol. 38, No. 12. P. 1321–1330. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X20922591 (дата звернення: 30.10.2026)

3. Wang R., Yu N., Li Y. Methods for improving the microstructure of recycled concrete aggregate: A review. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 242. Article 118164. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118164 (дата звернення: 30.10.2026).

4. Chen L., Xu R., Fang Q., Zheng Y., Li Z., Cao M. Response Characteristics of Gabion Wall under Large TNT-Equivalent Explosives. Journal of Structural Engineering. 2022. Vol. 148, No. 8. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003413 (дата звернення: 30.10.2026).

5. European Commission. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol: Including Guidelines for Pre-demolition and Pre-renovation Audits of Construction Works. Updated edition. 2024. URL: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d63d5a8f-64e8-11ef-a8ba-01aa75ed71a1

Христич Олександр Володимирович – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: dockhristich@i.ua. ORCID 0000-0003-0166-547X

Повзун Анастасія Євгеніївна – студентка кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: povzun-nanya@gmail.com. ORCID 0009-0000-8067-9700

Якимець Антон Дмитрович – студент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: yakdog119@gmail.com

Khristich Alexander V.– *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Urban and Architecture of Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: dockhristich@i.ua*. ORCID 0000-0003-0166-547X

Povzun Anastasiia Y. – *student of group 1B-23b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail:* povzun-nanya@gmail.com. ORCID 0009-0000-8067-9700

Yakymets Anton D. *– student of group 2B-24b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail:* yakdog119@gmail.com