

Огляд стану переробки і вторинного використання (ресайклінгу) бетону і проблем, що виникають при цьому

Олександр Дьяченко, доц., канд. техн. наук ¹ (ORCID: 0000-0001-8199-2504),
Дмитро Мельниченко, студент ¹ (ORCID: 0009-0006-7381-7283)

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

У роботі виконано огляд видів відходів, що утворюються при функціонуванні будівельної галузі і їх відсотковий склад. Визначено, що на першому місці за обсягом посідає бетон і залізобетон. На основі аналізу літературних джерел встановлено стан переробки будівельних відходів і повторного використання у світі. Відзначено, що переробка будівельних відходів є важливою не тільки з екологічного боку, а і з економічного, оскільки ресурси отримані у процесі ресайклінгу є дешевшими. Визначені поширені напрямки використання вторинного щебню і вимоги для його використання у якості наповнювача нових бетонних і залізобетонних виробів.

Ключові слова: ресайклінг, бетон, обладнання, подрібнення, транспортування, сортування

1. ВСТУП

Оскільки відновлення і подальше зростання економіки пов'язане передусім з будівельною галуззю, то кількість споруд і будівель різних призначень, що зводяться на території України з кожним роком непинно зростатиме. Також буде зростати потреба у модернізації, відновленні, ремонті або реставрації пошкоджених споруд і будівель, а в окремих випадках і знесення їх, оскільки станом на кінець весни 2023 року лиш у результаті бойових дій було пошкоджено або повністю зруйновано понад 170 тисяч будівель[1]. При виконанні цих процесів буде утворюватися колосальна кількість відходів функціонування будівельної галузі, а сама галузь затребує все більшої кількості сировини і матеріалів для функціонування.

Необхідно завчасно приймати рішення про те, як зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище, знизити рівень використання природних мінеральних ресурсів, а також скоротити площі, які будуть відведені під полігони для твердих побутових відходів або місця видобування ресурсів. Все це можна зробити лиш шляхом введення відповідних законів і норм переробки будівельних відходів і використання вторинних ресурсів, а також впровадженням сучасних технологій переробки з відповідним сучасним і енергоефективним обладнанням.

2. МЕТА РОБОТИ

Бетон отримав широке поширення при будівництві через свою міцність, довговічність і здатність тверднути при контакті з водою. Однак, з іншого боку, поширення бетону в минулі роки призвело до того, що до 80% бетону від початкового об'єму стає бетонними відходами[2]. Поруч із цим екологічно спрямована політика і підходи до стійкого розвитку вимагають усі галузі залучати усі методи захисту оточуючого середовища.

Метою роботи є огляд процесу ресайклінгу бетону.

Для досягнення мети необхідно виконати завдання:

- оглянути відсоток переробки будівельних відходів у світі;
- визначити поширені напрямки використання ресурсів, отриманих з переробленого бетону;
- уточнити проблеми, які можуть виникати при використанні цих ресурсів.

3. ОГЛЯД СТАНУ РЕСАЙКЛІНГУ ПЕРЕРОБЛЕНОГО БЕТОНУ

Будівельні відходи, які утворюються при функціонуванні будівельної галузі достатньо різноманітні. Розподіл по видам і відсотковий склад від загальних об'ємів будвідходів (рис.1)[3].

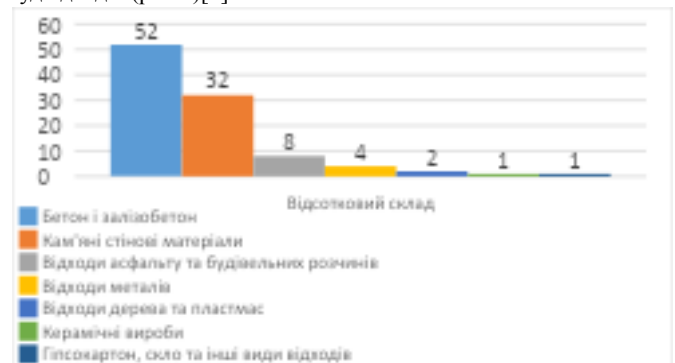


Рисунок.1. Відсотковий склад будівельних відходів

Згідно досліджень [4] відсоток повторного використання будівельних відходів різняться в досить широких межах в залежності від країни західної Європи(див.табл.1).

Таблиця 1: Відсоток повторного використання будівельних відходів у країнах західної Європи

Назва країни	Відсоток повторного використання будівельних відходів
Франція	15%
Німеччина	17%
Англія	45%
Данія	81%
Бельгія	87%
Нідерланди	90%

При цьому точних даних повторного використання будівельних відходів в Україні – немає і досі. Станом на 2022 рік відсоток переробки усіх твердих побутових

відходів(ТПВ), до яких власне належать і будівельні відходи, складає лиш 3,2 %.

Такий стан речей в Україні є шкідливим для оточуючого середовища. Оскільки призводить як до засмічення великих площ територій, які відводяться під звалища ТПВ, так і необхідності ширшого видобування природних ресурсів, які можна було б частково замінити переробленими ресурсами.

4. НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕРОБЛЕНОГО БЕТОНУ В БУДІВНИЦТВІ І ПРОБЛЕМИ, ЩО ПРИ ЦЬОМУ ВИНИКАЮТЬ

У результаті необхідності забезпечення житлом у 1960-1990-х роках у великих масштабах відбувалося зведення житлових масивів. Ці масиви забудовувалися переважно панельними будівлями, експлуатаційні характеристики яких наразі не відповідають вимогам енергоефективності і інклюзивності, а почасти мають сумнівний технічний стан, вимагають модернізації, оновлення або знесення, що вимагає планування процесів використання будівельних відходів, що утворюються при будівельних роботах.

Поширеним напрямком є використання здрібненого бетону(вторинного щебню) у якості основи або шару вирівнювання при будівництві автомагістралей і доріг загального призначення. Вимоги по якості такого щебню не є критичною для дорожнього будівництва, а тому фракційний склад і вміст пилоподібних часток і інших включень не обмежуються.

Поруч із цим будівництво нових доріг в розвинених країнах з роками скорочуються, а на заміну приходять метод ремонту шляхом заміни верхнього шару фрезеруванням і нанесенням нового асфальтобетону. Що в результаті впливає на баланс попиту і пропозиції на вторинний щебень для напрямку дорожнього будівництва з часом скоротиться, а тому необхідно шукати інші способи використання.

Іншим напрямком є локальне використання вторинного щебню у якості підсипки для тимчасових доріг або площадок безпосередньо на будмайданчиках. Однак варто зважати, що після завершення будівельних робіт, цей матеріал все одно вимагає подальшої переробки і використання(частково або повністю), а тому пропозиція збільшиться на цю величину[5].

Для збереження балансу між попитом і пропозицією на вторинний щебень необхідно шукати і інші можливі шляхи використання. Одним із таких шляхів є використання його у якості заповнювача для нового бетону.

Не весь вторинний щебень підлягає використанню у якості наповнювача бетону, оскільки впливає на міцність, водостійкість і довговічність конструкцій.

Так у Японії дослідження і стандартизація використання вторинного щебню почалася ще у 1970 році і станом на 2004 році Японським інститутом бетону створено стандарт «Бетон, що містить перероблений заповнювач»[5]. Згідно цього стандарту вміст переробленого бетону у заповнювачі залежить від його щільності, водопоглинення, а також вмісту пилоподібних частинок.

Кожен з класів наповнювача призначається для використання у відповідних бетонних конструкціях або сегментах (див. табл.2).

Таблиця 2: Стандарт якості для вторинного щебню та напрямки його використання

	Крупний наповнювач		Дрібний наповнювач	
	Щільність (kg/m ³)	Водо-поглинання, %	Щільність (kg/m ³)	Водо-поглинання, %
Клас Н	>2500	<3,0	>2500	<3,5
Клас М	-	<5,0	-	<7
Клас L	-	<7,0	-	<13

Клас Н(високої якості) підходить для конструкцій з високою міцністю і довговічністю, однак вимагає більш високовартісних і енерговитратних технологій переробки бетону для їх отримання.

Класи М(середньої) і L(низької) підходить для інших, не настільки відповідальних конструкцій і елементів будівель і споруд. Вміст пилоподібних включень у об'ємі не є настільки критичним, а тому переробка може виконуватися за більш дешевими технологіями.

Для отримання вторинного щебню класів М і L достатньо використання подрібнювального обладнання (щоківих, ударних дробарок) і грохотів для сортування. Отримання більш високоякісної сировини класу Н вимагає додаткового обладнання, такого як трубні млини з нагріванням до 300^oC, роторні ексцентриккові дробарки, шнекові млини та сепаратори та інше.

5. ВИСНОВОК

Оглянуто стан переробки будівельних відходів у світі. Україна посідає за цим показником одні з останніх місць.

У результаті аналізу літературних джерел визначені ключові напрямки використання вторинного щебню, який утворюється у результаті переробки бетону і залізобетону.

Найбільш розповсюдженим будівельним відходом є бетон і залізобетон, що утворюється при різних видах будівельних робіт. Він підлягає переробці у вторинний щебень, який можна використовувати у якості основи при будівництві автомагістралей, для влаштування площадок і тимчасових доріг на будмайданчиках, а також у якості наповнювача до нових бетонних і залізобетонних виробів.

Уточнені основні вимоги до такого виду наповнювача і конструкції, в яких його можна використовувати.

Список літератури

- [1] До і після. Погляд з супутника на міста України, зруйновані Росією. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemiy-rik-vtorhnennya-suputnyk/32279385.html> (дата звернення: 14.09.2025).
- [2] Zadeh S., Joushideh N., Bahrami B., Niyafard, S. A review on concrete recycling. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2023. No. 19(02). P. 784-793.
- [3] Попович О. Р., Захарко Я. М., Мальований М. С. (2013). Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*. 2013. 755. С. 321-324.
- [4] Шпакова Г. В. Шляхи і можливість переробки будівельних відходів в Україні. *Будівельне виробництво*, 2012. № 54. С. 22-25.
- [5] Tomosawa F., Noguchi T., Tamura M. The way concrete recycling should be. *Journal of advanced concrete technology*. 2005. 3(1). С. 3-16.