

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА БУДІВНИЦТВА

Анотація

Розглянуто технологічні аспекти виробництва сухих будівельних сумішей із використанням промислових і будівельних відходів. Встановлено, що вторинні матеріали, такі як доменний шлак, зола-винос, подрібнений бетон і цегляний бій, можуть ефективно замінювати традиційні компоненти сумішей без погіршення їх експлуатаційних властивостей. Визначено основні етапи технологічного процесу — сортування, подрібнення, сушіння, змішування та пакування. Проаналізовано вплив вторинної сировини на міцність, щільність, водостійкість і морозостійкість готової продукції. Підкреслено екологічну та економічну доцільність такого підходу до виготовлення СБС.

Ключові слова: сухі будівельні суміші, промислові відходи, будівельне сміття, технологія виготовлення, утилізація, екологічність.

Annotation

The article discusses technological aspects of producing dry building mixes using industrial and construction waste. It has been established that secondary materials such as blast furnace slag, fly ash, crushed concrete, and brick rubble can effectively replace traditional mix components without compromising performance. The main stages of the technological process — sorting, crushing, drying, mixing, and packaging — are outlined. The influence of recycled materials on strength, density, water resistance, and frost resistance of the final products is analyzed. The ecological and economic feasibility of this approach is emphasized.

Keywords: dry building mixes, industrial waste, construction debris, manufacturing technology, recycling, sustainability.

Вступ

Зростання обсягів будівництва та модернізації інфраструктури супроводжується утворенням значної кількості відходів. Одночасно збільшується потреба у ресурсозберігаючих технологіях у виробництві будівельних матеріалів. Одним з ефективних рішень є застосування відходів промисловості та будівництва у складі сухих будівельних сумішей (СБС), що дозволяє зменшити навантаження на довкілля, скоротити витрати на сировину та покращити доступність матеріалів.

Результати дослідження

До основних типів промислових відходів, які можуть бути використані в СБС, належать [1-3]:

- зола виносу та шлак від теплоелектростанцій;
- шлаки металургійного виробництва (доменні, сталеплавильні);
- відходи скляного виробництва (биті склоблоки, шихта);
- пил цементного виробництва;
- відходи керамічного виробництва;
- пісок з очисних фільтрів;
- меліоративний шлам;
- гіпсовмісні відходи (в тому числі фосфогіпс).

Будівельні відходи включають [4-5]:

- фрагменти бетону, цегли, штукатурки;
- відходи гіпсокартону;
- пил від шліфування та різання;
- залишки клейових сумішей, шпаклівок, розчинів.

У країнах ЄС, зокрема у Німеччині, Нідерландах та Австрії, впровадження політики переробки відходів у будівництві має системний характер. У Німеччині понад 80% будівельних відходів повторно використовуються. В Японії впроваджено автоматизовані системи сортування вторинної сировини.

В Україні дослідження вказують на ефективність заміни традиційних компонентів доменним шлаком, золою-виносом та цегляним боєм. Так, науковці з НУВГП, КНУБА та ВНТУ показали, що зола-винос і доменний шлак можуть замінювати до 30-40% традиційних наповнювачів без втрати якості [4-7]. Застосування цегляного бою як заповнювача у штукатурних розчинах дозволяє підвищити

адгезію та зменшити усадку. За підрахунками фахівців, така технологія дозволяє зменшити собівартість суміші на 15-20% та скоротити викиди CO₂ до 25%. Таким чином, український досвід підтверджує ефективність міжнародних підходів і демонструє високий потенціал для масштабування технологій вторинного використання матеріалів у будівельній галузі. Вплив введення промислових відходів на властивості СБС наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Вплив типів відходів на властивості СБС

Тип відходів	Вплив на властивості СБС
Доменний шлак	Підвищення міцності, зниження усадки
Зола-винос	Покращення теплоізоляції, зменшення маси суміші
Подрібнений бетон	Заміна піску, забезпечення гарного зчеплення з різними поверхнями
Цегляний бій	Збільшення щільності, підвищення водостійкості

Отже, переваги застосування відходів промисловості та будівництва у складі сухих будівельних сумішей такі:

- Екологічність: зменшення відходів захоронення на полігонах, скорочення викидів CO₂.
- Економічність: здешевлення сировини та логістики. Наприклад, використання відходів дозволяє замінити частину дорогих мінеральних або в'язучих компонентів, що значно знижує собівартість сумішей.
- Стійкість: адаптація до умов регіону, можливість повторного використання.
- Надання спеціальних властивостей: деякі відходи (наприклад, зола-виносення) можуть поліпшувати реологічні або теплоізоляційні характеристики суміші.

Використання відходів у складі сумішей вимагає їх попередньої підготовки, яка включає сортування, подрібнення, сушіння та знешкодження або нейтралізацію активних хімічних сполук, якщо це необхідно [8]. Наприклад, шлаки та зола повинні бути очищені від сульфатів або органічних домішок, які можуть негативно впливати на міцність сумішей.

Отже, процес виготовлення СБС із використанням відходів включає кілька обов'язкових етапів (рис. 1) та відповідність всіх компонентів вимогам ДСТУ Б В.2.7-126:2011 [9]:

- Сортування: відокремлення придатних компонентів (бетон, цегла, шлак, зола) від домішок, а також сортування за хімічним складом та гранулометриєю.
- Подрібнення: подрібнення до необхідної фракції (0,063–2,5 мм) для забезпечення однорідності суміші.
- Сушіння: видалення зайвої вологи для стабільності зберігання сумішей.
- Змішування: введення в'язучих (цемент, гіпс), наповнювачів та добавок з урахуванням характеристик вторинної сировини.
- Фасування: пакування готової суміші в тару для транспортування і зберігання.

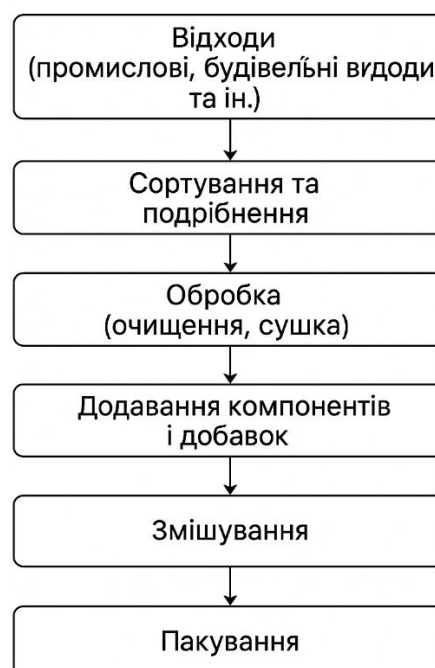


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення СБС з відходів

Особливості введення відходів у різні типи сумішей

1. Кладочні та штукатурні суміші. Промислові відходи можуть слугувати наповнювачем або частковим заміном цементу (до 20–30%). Зола, шлак, дрібнодисперсні будівельні відходи надають суміші легкість і зменшують її щільність.

2. Клейові суміші для плитки. До таких сумішей можуть додаватися подрібнені скляні або керамічні відходи, які покращують адгезію. Однак важливо враховувати сумісність із полімерними добавками.

3. Шпаклівки та вирівнювальні суміші. Тонкодисперсні промислові відходи (гіпсовмісні, фосфогіпс, пил цементного виробництва) можуть замінювати до 40% традиційних наповнювачів за умов стабільного хімічного складу.

4. Теплоізоляційні суміші. Використання відходів пінополістиролу, шлаку, перліту або золи дозволяє знизити теплопровідність готового матеріалу. При цьому суміш залишається легкою та зручною в нанесенні.

Попри переваги, використання відходів у сухих сумішах має і певні обмеження:

- Нестабільність хімічного складу відходів може спричинити зміну властивостей кінцевої продукції.
- Потенційна наявність токсичних домішок, зокрема в промислових шлаках або фосфогіпсі.
- Підвищений знос обладнання, особливо при роботі з абразивними матеріалами.

Вирішення цих проблем полягає в розробці технологічних регламентів, стандартизації процесу підготовки відходів, а також у постійному моніторингу якості вхідної сировини.

Перспективи подальших досліджень

Сучасні дослідження доводять можливість широкого застосування відходів у промисловому виробництві СБС без зниження їх якості. Створення локальних виробництв із переробки будівельних відходів дозволяє не тільки зменшити логістичні витрати, але й створити нові робочі місця в регіонах. Такі підходи відповідають концепції "зеленої економіки" та циклічного будівництва.

В Європі та інших країнах із розвиненим ринком СБС активно впроваджуються системи оцінки життєвого циклу матеріалів (LCA), що враховують вплив на довкілля на всіх етапах: від добування сировини до утилізації. Український ринок лише наближається до таких стандартів, проте потенціал використання відходів у СБС є дуже високим, особливо з огляду на обсяги будівельного сміття, що зростають унаслідок реконструкцій та воєнних руйнувань.

Висновки

Використання відходів промисловості та будівництва для виготовлення сухих будівельних сумішей є перспективним напрямом розвитку будівельної індустрії. Такий підхід дозволяє реалізувати принципи циркулярної економіки, зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити високу якість будівельних матеріалів. Удосконалення технологій сортування, обробки та стандартизації відходів є ключовими умовами для широкого впровадження цієї практики.

Проаналізовані матеріали свідчать про те, що зола, шлаки, керамічні та бетонні залишки, фосфогіпс та інші види вторинної сировини можуть бути ефективно інтегровані до складу кладочних, штукатурних, теплоізоляційних, клейових і шпаклювальних сумішей за умови належної попередньої обробки.

Особливої уваги потребує контроль якості відходів, оскільки коливання у хімічному складі або наявність шкідливих домішок можуть негативно впливати на експлуатаційні характеристики кінцевого продукту. Водночас, за умов дотримання технологічних регламентів, введення відходів не лише не знижує якість СБС, але може й покращити окремі властивості – наприклад, теплоізоляційність, легкість нанесення, адгезію.

Подальший розвиток цього напрямку можливий шляхом вдосконалення нормативної бази, створення спеціалізованих ліній з підготовки відходів та запровадження локальних рішень для переробки будівельного сміття. Перехід до замкнутого циклу використання матеріалів у будівництві є не лише технологічною необхідністю, а й стратегічним кроком у напрямку «зеленого» відновлення та сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції: науково-практичний довідник /за ред. К.К. Пушкаррової. К.: Асоціація «ВСВБМВ», 2012. 664 с.

2. Гасан Ю.Г., Мохорт М.А., Суханевич М.В. Будівельні матеріали з відходів паливно-енергетичної, гірничо-видобувної та збагачувальної промисловості. Конспект лекцій. К. : КНУБА, 2009. 60 с.
3. Гасан Ю.Г., Мохорт М.А. Переробка відходів чорної і кольорової металургії та паливної промисловості у будівельні матеріали. Конспект лекцій. К. : КНУБА, 2008. 44 с.
4. Дворкін Л.Й., Мироненко А.В. Будівельні матеріали та вироби із застосуванням промислових відходів: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 298 с.
5. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В. Ефективні сухі будівельні суміші та розчини на їх основі: монографія. Київ : Каравела, 2024. 348 с.
6. Бондар А.В., Ковальський В.П., Бурлаков В.П., Матвійчук Є.Р. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К: ДЕА, 2018. № 3(22). С. 21-24.
7. Дворкін Л.Й., Пушкарьова К.К., Дворкін О.Л., Кочевих М.О. Використання техногенних продуктів у будівництві: Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2009. 330 с.
8. Суханевич М.В. Поводження з відходами та їх використання для одержання будівельних матеріалів”. Навчальний посібник. К. : КНУБА, 2011. 152 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 42 с. (Національний стандарт України).

Бондар Олександр Васильович – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: alexbondar.phdoc@gmail.com

Христич Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dockhristich@i.ua

Науковий керівник Христич Олександр Володимирович – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dockhristich@i.ua

Bondar Oleksandr – Postgraduate Student, Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: alexbondar.phdoc@gmail.com

Khrystych Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dockhristich@i.ua

Scientific Supervisor Khrystych Oleksandr – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dockhristich@i.ua