УДК 691.53: 691.33 DOI 10.31649/2311-1429-2024-1-64-70

**А. В. Бондар**
**О. В. Христич**
**О. В. Бондар**
**І. В. Сафроненко**

# ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ВІДХОДІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ У ВИРОБНИЦТВІ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Вінницький національний технічний університет

*У роботі розглянуто актуальну проблему створення ефективних сухих будівельних сумішей (СБС) для широкого спектру будівельних робіт, зокрема для зовнішніх і внутрішніх штукатурних покриттів. Основну увагу приділено дослідженню впливу тонкодисперсних мінеральних добавок, таких як діатоміт, біла сажа (аморфний мікрокремнезем) та порошок із вапняку, на фізико-механічні властивості СБС. У дослідженні було використано два робочі склади СБС на основі цементного в'яжучого з різними типами піску: кварцовим, поліміктним і відсівом дроблення вапняків.*

*Результати експериментальних досліджень показали, що введення ефірів целюлози Tylose значно підвищує водоутримуючу здатність розчинових сумішей до 99,4-99,7%. Однак, незважаючи на підвищення здатності утримувати воду, ці суміші не досягають необхідної міцності для марки вище М100 без збільшення кількості в'яжучого матеріалу. Водночас, введення суперпластифікатора С-3 ефективно знижує водоцементне відношення (В/Ц), що сприяє підвищенню міцності затверділого розчину і дозволяє досягти необхідних показників міцності навіть для марки М150.*

*Встановлено, що активні мінеральні добавки, такі як тонкомолотий вапняк, стабілізують цементне тісто і сприяють зменшенню розшарування суміші. Зерна добавок заповнюють проміжки між зернами цементу, підвищуючи щільність упаковки твердих компонентів і, таким чином, покращуючи структуроутворення штучного каменю. Це сприяє зростанню міцності і зменшенню усадки розчинів.*

*Важливим є також те, що використання місцевих сировинних ресурсів, таких як відходи каменевидобування і обробки пісковиків, дозволяє значно знизити вартість виробництва сухих будівельних сумішей. Використання цих матеріалів забезпечує не лише економічну вигоду, але й сприяє зменшенню екологічного навантаження за рахунок утилізації відходів.*

*Результати дослідження підтверджують перспективність використання карбонатних тонкодисперсних мінеральних добавок у складі сухих будівельних сумішей, що дозволяє покращити їх фізико-механічні та технологічні властивості. Це відкриває нові можливості для створення ефективних будівельних матеріалів, які відповідають сучасним вимогам якості та економічної ефективності.*

***Ключові слова:*** *відходи будівництва, сухі будівельні суміші, вторинні відходи, розчини, бетони, повторне використання, ресурсозбереження, екологічність.*

## Вступ

Одним із важливих аспектів створення нових, більш ефективних будівельних матеріалів є розробка та використання сухих будівельних сумішей (СБС). Завдяки своїм стабільним властивостям сьогодні вони широко застосовуються для зовнішніх та внутрішніх робіт при новому будівництві, ремонті та реставрації цивільних будівель.

В Україні виробництво СБС тривалий час було переважно в руках іноземних компаній. Водночас у вітчизняні СБС додаються модифікуючі компоненти, що постачаються з-за кордону. Найбільше виробляються сухі суміші на основі портландцементу марок 400 і 500, що призводить до надмірних витрат в'яжучих матеріалів і зростання вартості через використання дорогих імпортних хімічних добавок. Однак досвід провідних компаній показує, що використання місцевої мінеральної сировини може значно знизити витрати на виробництво та транспортування сухих сумішей. Україна має великі запаси піску, піщано-гравійної суміші, карбонатних порід, що створює потенціал для використання цих природних матеріалів у виробництві СБС. Крім того, при видобуванні і обробці природних кам’яних матеріалів утворюється велика кількість тонкодисперсних відходів, які можуть слугувати у якості наповнювачів для сухих сумішей. Тому важливо дослідити можливості застосування місцевої мінеральної сировини для виготовлення сухих будівельних сумішей. Крім того введення мінеральних наповнювачів може не лише знизити вартість виробництва СБС та їх матеріалоємність у частині витрат цементу, але й покращити фізико-механічні та структурно-технологічні властивості сумішей.

У зв'язку з цим актуальними є дослідження методів покращення властивостей сухих сумішей на цементній основі через використання мінеральних тонкодисперсних наповнювачів з відходів будівництва.

**Мета дослідження** – дослідити можливість використання відходів будівельної галузі для виробництва сухих будівельних сумішей та визначити їх можливе функціональне призначення та область застосування.

**Задачі дослідження:**

1. Проаналізувати стан виробництва та використання сухих будівельних сумішей в Україні.
2. Визначити, які саме відходи будівельної галузі перспективо використовувати для виробництва сухих будівельних сумішей.
3. Проаналізувати результати теоретико-експериментальних досліджень сухих будівельних сумішей, отриманих із використанням відходів будівництва.

## Основна частина

Сухі будівельні суміші відрізняються стабільністю своїх властивостей, що сприяє підвищенню якості будівельних робіт. Ці характеристики вигідно виділяють їх на тлі традиційних розчинів, що використовуються в будівництві.

Сухі будівельні суміші – це однорідна порошкоподібна суміш, яка складається з мінеральних або полімерних в'яжучих, заповнювачів, наповнювачів та функціональних добавок [1]. Виготовляються такі суміші в заводських умовах і призначені для приготування розчинів різного призначення безпосередньо на будівельному майданчику.

Перевагою технологій виробництва сухих сумішей є можливість індивідуального та у необхідних випадках багаторазового модифікування їх компонентів хімічними добавками або механо-хімічною обробкою з одержанням матеріалів широкого призначення.

Традиційно основними складовими сухих будівельних сумішей є в'яжучі матеріали, наповнювачі, заповнювачі та, за необхідності, хімічні добавки. Як заповнювачі використовують природні мінеральні або штучно отримані матеріали з певним гранулометричним складом, що складають до 80% об'єму будівельних розчинів. Правильно підібрані наповнювачі дозволяють знизити витрати в'яжучих матеріалів без значного зменшення міцності, а також зменшити усадкові деформації, послаблюючи механічні напруги, які виникають при твердненні розчину [2-4].

Добавки для сухих будівельних сумішей повинні бути сухими дисперсними порошками, які не поглинають надмірну кількість вологи та рівномірно розподіляються у суміші при змішуванні [3, 5]. Вони також повинні бути хімічно стійкими до різних зовнішніх впливів, нетоксичними, вогне- та вибухобезпечними.

Часто в якості наповнювачів використовують активні мінеральні добавки, що знижують проникність затверділих розчинів, зменшують водовідділення, підвищують водоутримуючі властивості, когезійну міцність та забезпечують необхідну рухливість і в'язкість для роботи на вертикальних і похилих поверхнях.

Мінеральні добавки представляють собою тонкодисперсні порошки, отримані з натуральної сировини або з відходів виробництва [8]. Вони не розчиняються у воді, як полімерні добавки, а залишаються складовою твердої фази бетону або розчину.

До добавок природного походження відносяться речовини, отримані із природних кам’яних матеріалів: глинисті (важка глина, суглинки, супісь, вапняно-піщані глини, глинисті вапняки), кварцові (маршаліт, піски, піщаники), карбонатні (піщані, кремнеземисті і доломітові вапняки, вапняки-черепашники) [4, 7-9].

Сировиною для одержання активних мінеральних добавок є гірські породи та деякі види промислових відходів, які у своєму складі містять більше 50% аморфного кремнезему ($SiO_2$): гірські породи осадового походження (діатоміт, трепел, опока, випалена глиниста порода); гірські породи вулканічного походження (вулканічний попіл, туф, цеоліт, трас, пемза, базальт, вулканічний шлак, невипалений перліт); золи і шлаки теплоелектростанцій (зола-виносу, золошлакові суміші); зола горючих сланців; гранульовані доменні шлаки; відвальні доменні шлаки; фосфорні шлаки (містять у своєму складі до 95% CaO та $SiO_2$); нефеліновий шлам; червоний бокситовий шлам та інші [1, 4].

При модифікації складів сухих будівельних сумішей ефективним методом є додавання тонкодисперсних мінеральних компонентів. Ці компоненти можуть виступати як мікронаповнювачі в цементному в'яжучому, утворюючи мікрокаркас і формуючи мікробетонну структуру матеріалу. У цементних композиціях тонкомолоті мінеральні добавки можуть служити центрами кристалізації, сприяючи зонуванню новоутворень під час кристалізації. Це дозволяє відповідно модифікувати структуру матеріалу. Частинки мінеральних добавок стають основою для орієнтованої кристалізації гідросилікатів кальцію на їх поверхні, що призводить до зміцнення контактів між частинками і покращення фізико-хімічного структуроутворення штучного каменю [2, 3].

Дослідимо властивості складів сухих будівельних сумішей, у яких тонкомелені мінеральні добавки отримані з відходів каменевидобування та пісків. Суху будівельну суміш отримували шляхом сумісного помелу портландцементу, кварцевого і вапнякового пісків, пластифікуючих добавок та мінеральних компонентів у лабораторних бігунах до досягнення питомої поверхні $S_{пит.}$=500 м²/кг.

## Матеріали, обладнання і методи, використані в роботі

Вибір добавок для роботи обумовлений їхньою хімічною спорідненістю з цементом, а також доступністю та поширеністю в Україні.

Для виробництва сухих будівельних сумішей використовували кварцові піски з місцевих родовищ з модулем крупності ($М_{кр}$) 1,24, а також поліміктні піски, отримані як відходи обробки пісковиків для виготовлення декоративного каменю, з родовища Русавське-2 (Вінницька обл., Ямпільський р-н, с. Русава) з $М_{кр}$ = 1-1,5. Поліміктні піски складаються з зерен мінералів і гірських порід різного складу.

Як карбонатні піски використовувалися відходи видобутку вапняків із родовищ Вінницької області, що містять до 85-95% $CaCO_3$. Вапняк розмелювали до питомої поверхні 300 м²/кг і використовували як мінеральну добавку-наповнювач.

Інші мінеральні добавки включали доломіт, крейду та цеоліт, використані відповідно до технологічної документації. Цемент використовувався марок ПЦ II/Б-К-400 та ПЦЦ IV/Б-400. Додаткові в'яжучі речовини включали редиспергувані в'яжучі на основі сополімерів вінілацетату та етилену (BERMOCOLL) та вінілверсатату (ELOTEX). В якості суперпластифікатора використовували «Melfluxl641F» від SKW Polymers (Німеччина), а також сухий пластифікатор С-3 (Укрвторгресурс). Ефіри целюлози (SE TYLOSE) та армуючі волокна (целюлозні, поліпропіленові та базальтові) також були використані для покращення технологічних і міцнісних характеристик [5-9].

Для регулювання властивостей сумішей застосовувалися тонкодисперсні мінеральні добавки:

- Крейда мелена з питомою поверхнею 1000 м²/кг.
- Доломітове борошно (відходи виробництва щебеню) з питомою поверхнею 200 м²/кг.
- Мікрокремнезем Compact 1 (Метакаолін) виробництва Multichem (Чернівці) з питомою поверхнею 4000 м²/кг.
- Біла сажа – аморфний мікрокремнезем.
- Цеоліт з питомою поверхнею 800-1900 м²/кг, фракції 0-0,08 мм та 0-0,14 мм (Закарпатський цеолітовий завод).

Цемент ПЦ II/Б-К-400 (Кам'янець-Подільський цементний завод) містить від 21% до 35% мінеральних добавок. ПЦЦ IV/Б-400 є пуцолановим цементом зі строком тужавлення від 30 хвилин до 6 годин, що містить 45-64% клінкеру та 36-55% пуцолану [11]. Цей цемент використовується для внутрішніх і зовнішніх облицювальних робіт і виробляється заводами Фомальгаут або Polimin в Києві.

Аналіз вимог до сировинних матеріалів як заповнювачів для розчинних сумішей здійснювався відповідно до чинних норм. Згідно з вимогами, крупність заповнювача у сухих будівельних сумішах повинна бути від 0,63 мм до 2,5 мм залежно від призначення.

Для досліджень природні піски та піщано-гравійні суміші промивали від глинистих домішок і сушили до залишкової вологості не більше 0,1%. Піски також розділяли на фракції для забезпечення оптимальної щільності та міцності розчинів.

Піщано-гравійні суміші обробляли шляхом відсіву гравію та частинок більше 2,5 мм. Карбонатні породи подрібнювали в лабораторних умовах, а отримані матеріали також відсівали на фракції.

З підготовлених матеріалів готували сухі розчинні суміші з номінальним складом цемент: пісок = 1:3. Для цих розчинів визначали водоутримуючу здатність, щільність, середню щільність та міцність у віці 28 діб для визначення їх відповідності стандартам.

Методики для визначення властивостей сумішей включали просіювання через набір сит з отворами різного розміру, визначення насипної щільності, рухливості сумішей та водопоглинання. Рухливість вимірювали за допомогою еталонного конуса.

## Експериментальне дослідження властивостей сухих будівельних сумішей із тонкодисперсними мінеральними добавками із відходів каменерізання

Склади сухих будівельних сумішей були підготовлені з використанням мінеральної сировини. Номінальний склад сумішей становив цемент: пісок = 1:3 (за масою). Як добавки використовувалися ефіри целюлози Tylose та суперпластифікатор С-3, які додавалися у певному відсотковому співвідношенні до маси сухої суміші. В якості мінеральної добавки-наповнювача використовувався порошок із вапняку (ВП), розмелений до питомої поверхні 300 м²/кг. Вплив доданих компонентів на властивості розчинів, виготовлених із сухих сумішей на основі кварцового та поліміктного пісків (отриманих з відходів обробки пісковику), представлено в таблиці 1 та на рисунку 1.

Таблиця 1

**Склади та властивості досліджуваних СБС**

| № | Вид добавки | Кількість добавки, % | В/Ц | Водоутримуюча здатність, % | Середня щільність розчину, $\rho_m$ кг/м$^3$ | Міцність на стиск $R_{ст.}$, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| СБС на кварцовому піску | | | | | | |
| 1 | - | - | 0,92 | 92,6 | 2110 | 13,1 |
| 2 | С-3 | 0,5 | 0,79 | 98,2 | 2130 | 14,8 |
| 3 | Tylose | 0,1 | 1,06 | 99,7 | 1960 | 10,4 |
| 4 | ВП | 20 | 0,87 | 97,2 | 2120 | 13,8 |
| СБС на поліміктному піску | | | | | | |
| 5 | - | - | 0,93 | 92,7 | 2130 | 13,3 |
| 6 | С-3 | 0,5 | 0,79 | 98,0 | 2150 | 14,9 |
| 7 | Tylose | 0,1 | 1,04 | 99,4 | 1940 | 10,6 |
| 8 | ВП | 20 | 0,88 | 97,0 | 2160 | 14,1 |
| СБС на відсіві дроблення вапняків | | | | | | |
| 9 | - | - | 0,83 | 93,0 | 2140 | 14,1 |
| 10 | С-3 | 0,5 | 0,72 | 98,2 | 2180 | 15,8 |
| 11 | Tylose | 0,1 | 1,14 | 99,6 | 2000 | 10,6 |
| 12 | ВП | 20 | 0,89 | 97,7 | 2140 | 15,2 |

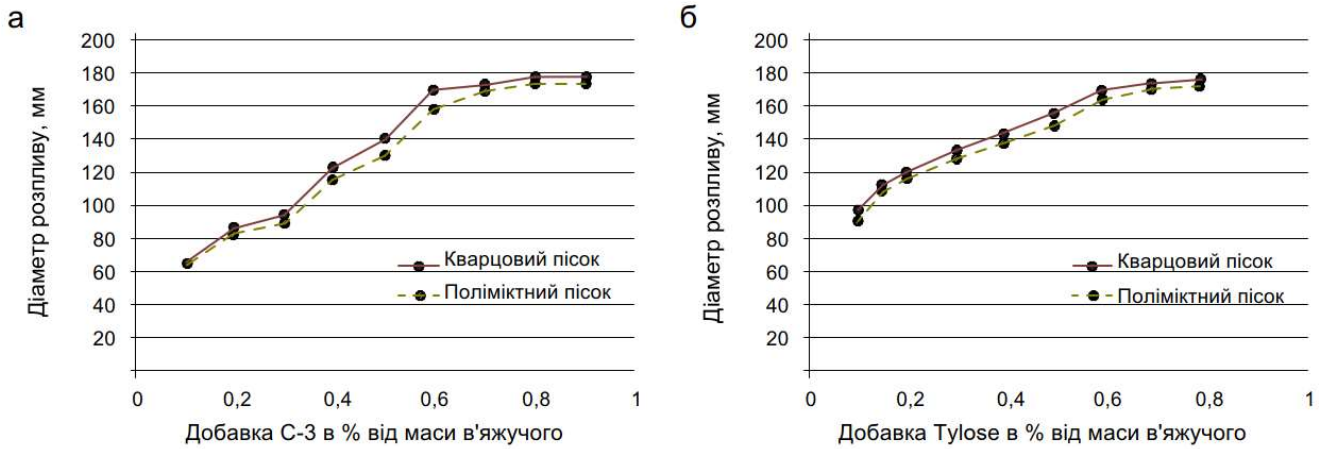


Рисунок 1 – Залежність розпливу суміші від кількості добавки: а − С-3, б − Tylose

Для проведення випробувань були виготовлені суміші на основі двох робочих складів, до яких додавали діатоміт та білу сажу (аморфний мікрокремнезем). Рецептура сухих будівельних сумішей наведена в таблиці 2.

Рухливість складів №1-5 склала від 4 до 7,5 см, складів №6-10 – від 6 до 7 см. Після введення редиспергованих порошків до складу №2 суміші у кількості Bermocoll – 0,1%, Elotex – 1,0% від маси сухої суміші рухливість складів №1-5 склала від 11 до 11,5 см, складів №6-10 – від 10 до 11 см.

Таблиця 2

**Склади сухих будівельних сумішей**

| Компонент | Склад, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 | №9 | №10 |
| Цемент | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Пісок кварцовий | 18,5 | 17,5 | 15,5 | 13,5 | 11,5 | 18,5 | 17,5 | 15,5 | 13,5 | 11,5 |
| Цеоліт | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Вапняк подрібнений | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Вапняковий порошок мелений | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Біла сажа | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | - | - | - | - | - |
| Діатоміт | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| С-3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

## Висновки

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки:

1. Вплив ефірів целюлози Tylose: Введення ефірів целюлози Tylose значно підвищує водоутримуючу здатність розчинової суміші, досягаючи 99,4%. Проте міцність одержуваного розчину не перевищує марку 100. Це вказує на те, що хоча Tylose позитивно впливає на утримання води, що є важливим для роботи з розчином, його вплив на міцність матеріалу є обмеженим.

2. Вплив суперпластифікатора С-3: Завдяки розріджуючому ефекту, додавання суперпластифікатора С-3 знижує водоцементне відношення (В/Ц), що також сприяє покращенню міцності розчину. Це спостерігається у випадках з додаванням тонкомолотого вапнякового наповнювача, де відзначено значне зниження В/Ц і збільшення водоутримуючої здатності. Розчини з такими добавками відповідають нормативним вимогам і досягають марки 100, що може бути пов'язано зі структуроутворюючою роллю тонкомеленого вапняку та гарним зчепленням його частинок із гелеподібною фазою цементу.

3. Порівняння з поліміктним піском: Властивості розчинних сумішей, виготовлених з використанням поліміктного піску, практично не відрізняються від тих, які виготовляються на основі традиційного кварцового піску.

4. Відмінності при використанні відсіву дроблення вапняків: Дослідження показали, що використання відсіву дроблення вапняків призводить до зниження В/Ц при однаковій рухливості розчинних сумішей. Це пов'язано з більшою крупністю піску-відсіву. Затверділі розчини, окрім тих, які містять Tylose, показують вищу міцність порівняно з розчинами на природних пісках через нижчі значення В/Ц.

5. Вплив суперпластифікатора та ефірів целюлози: Введення оптимальної кількості суперпластифікатора С-3 дозволяє отримати розчини марки М150 і підвищити водоутримуючу здатність до 98%. Ефіри целюлози Tylose забезпечують найвищий рівень водоутримуючої здатності (до 99,6%), але при цьому підвищують В/Ц, що призводить до зниження міцності розчину. Проте марка 100 для штукатурного розчину все ж зберігається.

6. Властивості розчинів з карбонатними заповнювачами: Розчинові суміші, що містять подрібнені карбонатні піски та тонкомолотий вапняк, демонструють підвищену водоутримуючу здатність (до 99,7%) та дещо вищі В/Ц, що свідчить про збільшення в'язкопластичних властивостей сумішей. Проте міцність зразків залишається досить високою, що дозволяє отримати розчини марки М150. Це пояснюється утворенням гідрокарбоалюмінату кальцію ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$), який сприяє зміцненню структури штучного каменю.

Отже, розроблені попередні склади сухих будівельних сумішей для штукатурних робіт на основі цементного в'яжучого задовольняють нормативні вимоги щодо міцності для марок М10, М25, М50 та М70. Однак для досягнення марки М100 необхідно збільшити кількість в'яжучого матеріалу. Введення редиспергованих порошків знижує середню щільність приготованих розчинів, проте водночас суттєво зменшує міцність затверділого розчину.

Введення активних мінеральних добавок сприяє стабілізації цементного тіста. Зерна цих добавок заповнюють простір між зернами цементу, збільшуючи кількість контактів між ними. Це підвищує сили зчеплення між частинками, що значно знижує ймовірність розшарування розчинової суміші. Зростання інтенсивності взаємодії між частинками та підвищення щільності упаковки твердих компонентів у розчиновій суміші призводять до збільшення її водоутримуючої здатності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 42 с.
2. Ушеров-Маршак О.В., Латорець К.В. Бетони та сухі будівельні суміши. Тлумачний словник. Харків: Колоріт, 2010. 104 с
3. Рунова Р.Ф., Носовицкий Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. Підручник. КНУБА, 2007. 250 с.
4. Троян В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів: навчальний посібник. Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2010. 228 с.
5. Добрянський І. М., Ніонець І. І. *Вплив мікроструктури цементного каменю на його фізико-механічні властивості*. Будівництво України, № 3, 2009. С. 35-36.
6. Кривенко П. В. Будівельне матеріалознавство: підручник. Київ, Україна: «Видавництво Ліра-К», 2019. 694 с.
7. Кропивницька Т. П., Саницький М. А., Гев'юк І. М. *Вплив карбонатних добавок на властивості портландцементу композиційного*. Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва, № 755, 2013. С. 214-220.
8. Русин Б. Г. Високофункціональні бетони на основі портландцементів, модифікованих ультрадисперсними мінеральними добавками: ареф. дис. канд. наук. Національний ун-т «Львівська політехніка», Львів, Україна, 2014.

9. Гев'юк І. М., Кропивницька Т. П., Саницький М. А. Композиційні портландцементи з добавками природного цеоліту та *вапняку.* Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, Вип. 31, 2015. С. 149-156.
10. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 93 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. [Чинний від 2011-09-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 20 с.
12. ДСТУ Б В.2.7-27-95. Пісок із вапняків-черепашників для будівельних робіт. Технічні умови. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К.: Держкоммістобудування України, 1996. 8 с.
13. ДСТУ Б В.2.7-29-95. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К.: Держкоммістобудування України, 1996. 17 с.
14. ДСТУ Б В.2.7-128:2006. Будівельні матеріали. Добавки активні мінеральні та добавки-наповнювачі до цементу. [Чинний від 01-12-2007]. Вид. офіц. К: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 12 с.

## REFERENCES

1. DSTU B V.2.7-126:2011. Dry modified construction mixes. General technical conditions. [Effective from 2011-06-01]. Kind. officer K.: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2011. 42 p.
2. Usherov-Marshak O.V., Latorets K.V. Concretes and cyxi building mixtures. Dictionary. Kharkiv: Kolorit, 2010. 104 p
3. Runova R.F., Nosovitsky Yu.L. Technology of modified construction mortars. Textbook. KNUBA, 2007. 250 p.
4. Troyan V.V. Additives for concrete and construction mortars: a study guide. Nizhin: LLC "Aspect-Polygraph Publishing House", 2010. 228 p.
5. Dobryanskyi I.M., Nionets I.I. Influence of the microstructure of cement stone on its physical and mechanical properties. Building of Ukraine, No. 3, 2009. P. 35-36.
6. Kryvenko P. V. Building materials science: textbook. Kyiv, Ukraine: Lira-K Publishing House, 2019. 694 p.
7. Kropyvnytska T. P., Sanytskyi M. A., Gev'yuk I. M. Influence of carbonate additives on the properties of composite portland cement. Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic": Theory and practice of construction, No. 755, 2013. P. 214-220.
8. Rusyn B. G. Highly functional concretes based on Portland cement modified with ultradisperse mineral additives: Ref. thesis Ph.D. of science Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, 2014.
9. Gev'yuk I.M., Kropyvnytska T.P., Sanytskyi M.A. Composite Portland cements with additions of natural zeolite and limestone. Resource-saving materials, constructions, buildings and structures, Vol. 31, 2015. C. 149-156.
10. DSTU B V.2.7-171:2008. Building materials. Additives for concrete and mortars. General technical conditions. [Effective from 2009-01-01]. Kind. officer K.: Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2010. 93 p.
11. DSTU B V.2.7-46:2010. Building materials. Cements for general construction purpose. Specifications. [Effective from 2011-09-01]. Kind. officer K.: Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2011. 20 p.
12. DSTU B V.2.7-27-95. Sand from shell limestones for construction works. Specifications. [Effective from 1996-01-01]. Kind. officer K.: State Construction Committee of Ukraine, 1996. 8 p.
13. DSTU B V.2.7-29-95. Small aggregates are natural, from industrial waste, artificial for building materials, products, constructions and works. Classification. [Effective from 1996-01-01]. Kind. officer K.: State Committee for Construction of Ukraine, 1996. 17 p.
14. DSTU B V.2.7-128:2006. Building materials. Active mineral additives and filler additives for cement. [Effective from 01-12-2007]. Kind. officer K: Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine, 2006. 12 p.

***Бондар Альона Василівна*** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: bondarav@vntu.edu.ua, ORCID 0000-0002-8098-1181

***Христич Олександр Володимирович*** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: khristych@vntu.edu.ua, ORCID 0000-0003-0166-547X

***Бондар Олександр Васильович*** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

***Сафроненко Іван Васильович*** – студент групи БМ-21б кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**A. V. Bondar**
**O. V. Hristych**
**O. V. Bondar**
**I. V. Safronenko**

# PROSPECTS OF USE OF SECONDARY WASTE OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN THE PRODUCTION OF DRY BUILDING MIXTURES

*The work considers the actual problem of creating effective dry construction mixes (DBC) for a wide range of construction works, in particular for external and internal plaster coatings. The main attention is paid to the study of the effect of finely dispersed mineral additives, such as diatomite, white carbon black (amorphous microsilica) and limestone powder, on the physical and mechanical properties of SBS. In the study, two working compositions of SBS based on cement binder with different types of sand were used: quartz, polymict, and screening of crushed limestone.*

*The results of experimental studies showed that the introduction of Tylose cellulose esters significantly increases the water-holding capacity of mortar mixtures to 99.4-99.7%. However, despite the increase in water holding capacity, these mixtures do not reach the required strength for the grade above M100 without increasing the amount of binding material. At the same time, the introduction of C-3 superplasticizer effectively reduces the water-cement ratio (W/C), which helps to increase the strength of the hardened solution and allows to achieve the required strength indicators even for the M150 grade.*

*Active mineral additives, such as finely ground limestone, stabilize the cement paste and help reduce delamination of the mixture. Additive grains fill the spaces between cement grains, increasing the packing density of solid components and, thus, improving the structuring of artificial stone. This helps to increase the strength and reduce the shrinkage of solutions.*

*It is also important that the use of local raw materials, such as waste from stone mining and sandstone processing, allows to significantly reduce the cost of production of dry building mixes. The use of these materials provides not only economic benefits, but also helps reduce the environmental burden due to waste disposal.*

*The results of the study confirm the perspective of using carbonate finely dispersed mineral additives as part of dry construction mixtures, which allows to improve their physical, mechanical and technological properties. This opens up new opportunities for creating effective building materials that meet modern requirements of quality and economic efficiency.*

***Keywords:*** *construction waste, dry construction mixtures, secondary waste, solutions, concrete, reuse, resource conservation, environmental friendliness.*

***Bondar Alona*** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: bondarav@vntu.edu.ua, ORCID 0000-0002-8098-1181

***Khristych Oleksandr*** – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: khristych@vntu.edu.ua, ORCID 0000-0003-0166-547X

***Bondar Oleksandr –*** postgraduate student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

***Safronenko Ivan*** – student of the BM-21b group of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia