

ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ПРОДУКТІВ РЕСАЙКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНОГО ЛОМУ

Вінницький національний технічний університет

Приведено обґрунтування головних напрямків розвитку технологій і діяльності підприємств промисловості будівельних матеріалів. Відмічено необхідність розробки і впровадження технологій ресайклінгу залишків будівельного лому для виготовлення будівельних сумішей. Представлено обґрунтування можливостей реалізації таких технологічних рішень здатних забезпечувати отримання реальної економії енергетичних ресурсів, скорочення витрат капіталовкладень, а також дозволяє суттєво оздоровити екологію окремих регіонів постраждалих від російської агресії. Наведено результати аналітичних досліджень існуючих напрацювань за напрямками ресурсозберігаючих технологій переробки будівельних і техногенних відходів для виготовлення заповнювачів будівельних сумішей. Наведено графічну інтерпретацію результатів розрахунково-аналітичних досліджень можливості отримання обсягів будівельного лому і твердих відходів після демонтажу зруйнованих житлових будівель типових серій забудови. Відмічено, що накопичені обсяги будівельного лому отриманого в результаті руйнування будівель і споруд в переважній більшості складаються з бетону, залізобетону, керамзитобетону, цегляної кладки з керамічних і силікатних виробів. Викладено результати експериментальних досліджень переробки будівельного лому залізобетонних конструкцій для виготовлення заповнювачів будівельних сумішей. Підтверджено відповідність характеристик отриманих за технологіями подрібнення і сепарації матеріалів нормативним вимогам, які регламентують показники гранулометрії і фізичні параметри для традиційних мінеральних заповнювачів. Обґрунтовано рецептурно-технологічні параметри виготовлення бетонної суміші з використанням нового різновиду заповнювачів з використанням нормативно-технічної літератури. Лабораторними випробуваннями шляхом використання експериментальних проб дрібного і крупного заповнювачів, отриманих з будівельного лому, виготовлено дослідні серії зразків бетону і проведено дослідження їхніх фізико-механічних характеристик. Підтверджено доцільність використання технологій ресайклінгу для виготовлення будівельних сумішей з використанням заповнювачів з будівельного лому, отримані зразки відносяться до класу бетону С16/20 найбільш поширеного у будівельній практиці. Показано позитивний ефект наявності на поверхні отриманих заповнювачів реакційноздатних речовин, що у свою чергу забезпечує підвищення фізико-механічних характеристик зразків при зменшенні вмісту в'язучого. Розроблено і досліджено рецептурно-технологічні параметри сухих будівельних сумішей для виготовлення будівельних виробів з використанням отриманих штучних заповнювачів. Представлено програму проведення подальших досліджень прогнозованих характеристик зразків-моделей будівельних сумішей з використанням заповнювачів, як продуктів ресайклінгу будівельного лому.

Ключові слова: заповнювачі будівельних сумішей, будівельний лом, соціально-екологічні наслідки, сухі будівельні суміші, технологія ресайклінгу, ресурсозберігаюча технологія, тверді неорганічні відходи, будівельні вироби.

Вступ

На сучасному етапі становлення економіки України головними напрямками розвитку технологій і діяльності підприємств промисловості будівельних матеріалів визначають надзвичайну важливість залучення у сферу виробництва корисного продукту вторинних матеріальних ресурсів та ресурсів з відходів промислових виробництв. Перспективність реалізації таких Проектів є одним із найважливіших народногосподарських завдань, тому що вона дозволяє забезпечити промисловість і насамперед будівельний комплекс доступними джерелами дешевої і також вже частково підготовленої сировини. Крім того реалізація таких технологічних рішень створює реальні можливості економії енергетичних ресурсів, скорочення витрат капіталовкладень. А також дозволяє суттєво оздоровити екологію окремих регіонів.

Зважаючи на реальну ситуацію існування України в умовах воєнного стану також постає гостра проблема, пов'язана з розбиранням завалів зруйнованих будівель і споруд, сортуванням залишків будівельного лому, транспортуванням і складуванням їх у відвалах, а також залучення технологій і спецобладнання для утилізації таких відходів. В Україні вже розпочато залучення технологій ресайклінгу залишків будівельного лому для отримання сировинних компонентів будівельних сумішей, а також для виготовлення штучних сумішей з регульованою гранулометриєю для влаштування основ дорожнього полотна та дренажних споруд.

Аналітичні дослідження існуючих наукових напрацювань і розроблених технологічних рішень підтверджують, що значний економічний і соціально-екологічний ефект можна отримати при комплексному використанні на підприємствах промисловості будівельних матеріалів традиційних природних ресурсів з додаванням компонентів отриманих в результаті переробки промислових відходів. Підтверджено, що одним із перспективних напрямів залучення відходів та побічних продуктів у промислове виробництво є їх використання для виготовлення заповнювачів сухих будівельних сумішей і отримання будівельних виробів [1-3].

Відомо, що у структурі капіталовкладень в будівництво об'єктів нерухомості, вартість будівельних матеріалів наближено становить 60% кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт. Як показує світова практика, застосування вторинних сировинних ресурсів дозволяє на 10÷30% знизити витрати на виготовлення будівельних матеріалів порівняно з використанням традиційних природних матеріалів. Крім того з урахуванням екологічного і соціального ефекту, цілком перспективним напрямком є залучення промислових відходів і вторинних ресурсів (продуктів ресайклінгу будівельного лому) у виробництво продукції підприємств промисловості будівельних матеріалів і він постає нагальною необхідністю сучасності для розвитку ресурсозберігаючих технологій [2-4].

Основна частина

Технології ресайклінгу є одним із елементів циклічної економіки. Це свого роду регенеративна система у якій вторинні продукти промисловості, тверді відходи і залишки неорганічних матеріалів повторно використовуються для потреб підприємств галузей економіки, в тому числі і будівельного комплексу. При цьому такі вторинні ресурси переробляються, відновлюються за регламентованими фізико-хімічними характеристиками у інші необхідні різновиди сировини і забезпечують формування стійкого циклу. Слід відмітити, що такі ресурсозберігаючі технології забезпечують отримання також значного соціально-екологічного ефекту, пов'язаного зі зменшенням техногенних навантажень на оточуюче середовище.

Розробка інноваційних науково-технічних рішень для розвитку технологій ресайклінгу залишків будівельного лому безпосередньо в умовах будівельного майданчика також є перспективним напрямком вирішення виробничих завдань за рахунок повторного використання твердих неорганічних відходів, що в свою чергу сприятиме зниженню собівартості будівництва. На сьогодні за кордоном вже багато років існує, розвивається і успішно реалізується практика демонтажу морально застарілих об'єктів нерухомості з повторним використанням сировинних ресурсів, отриманих з відходів переробки залишків будівельного лому, для застосування у будівельно-технологічних процесах. Створення, дослідження і впровадження в Україні ресурсозберігаючих технологій виготовлення заповнювачів будівельних сумішей є одним з пріоритетів розвитку підприємств виробничої бази будівництва.

Відомо, що переважна більшість будівель житлового фонду України була введена в експлуатацію в епоху масової забудови протягом 1960-1980 р.р. і на сьогоднішній день їх відносять до класу морально застарілих об'єктів. За результатами аналітичних досліджень архівних матеріалів проектної документації встановлено, що ці будинки побудовані зі строгим дотриманням критеріїв експлуатаційної надійності, довговічності і конструкційно-механічної стійкості, а отже і значної матеріаломісткості. Питання економії ресурсів і енергоефективності на той час не відносили до категорій експлуатаційної надійності об'єкта нерухомості. Так як переважна більшість об'єктів запроектована за типовими рішеннями, то і зрозумілим є використання у будівництві уніфікованих серій будівельних конструкцій, виробів та матеріалів.

Проведені комплексні розрахунково-аналітичні дослідження прогнозованих обсягів утворення будівельного лому від демонтажу цих морально застарілих об'єктів житлового фонду свідчать, що основними будівельними відходами після розбирання і руйнування об'єктів «застарілої забудови» є тверді неорганічні матеріали. В процесі будівництва житлових об'єктів переважну більшість матеріалів, які використовуються для зведення конструктивних елементів будівель, становлять бетон, залізобетон, цегла та будівельні розчини. Передбачені проектними рішеннями фізичні потреби для будівництва таких об'єктів в металевих конструкціях, рулонних матеріалах і деревині є досить незначними. Нами було проведено аналітичні дослідження можливого отримання прогнозованих обсягів будівельного лому для чотирьох найпоширеніших типових серій забудови. Результати аналітичних розрахунків структуризовані за основними різновидами будівельних матеріалів і представлені на рисунках 1-4.

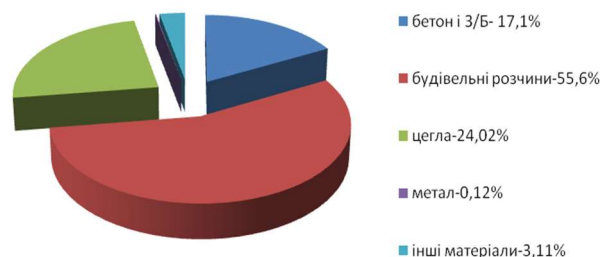


Рисунок 1 – Потреби будівельних матеріалів для проекту «Блок-секція п'ятиповерхового житлового будинку на 15 квартир з несучими цегляними стінами». Паспорт типового проекту №87-018/72/1.

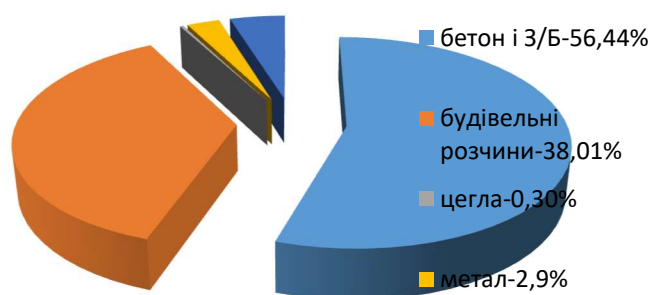


Рисунок 2 – Потреби будівельних матеріалів для проекту «Блок-секція п'ятиповерхового збірного крупнопанельного житлового будинку на 30 квартир». Паспорт типового проекту №121-031/1.

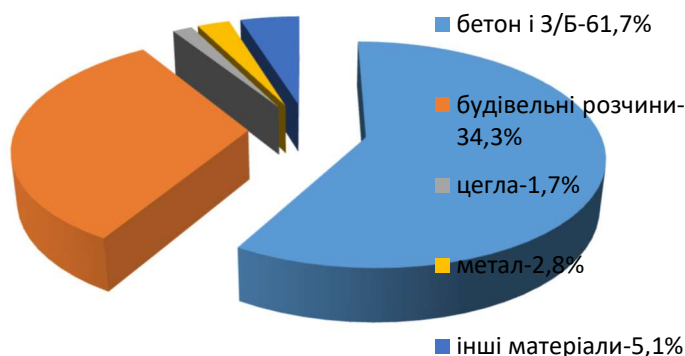


Рисунок 3 – Потреби будівельних матеріалів для проекту «Блок-секція дев'ятиповерхового збірного крупнопанельного житлового будинку на 27 квартир». Паспорт типового проекту №121-015C/I

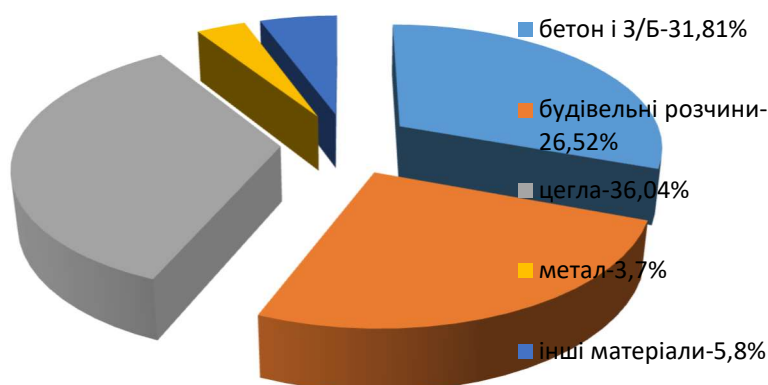


Рисунок 4 – Потреби будівельних матеріалів для проекту «Блок-секція дев'ятиповерхового житлового будинку з цегляними стінами на 72 квартири». Паспорт типового проекту №86-025/I.

Перспективними напрямками реалізації технологій ресайклінгу дозволить звільнити території «застарілої» забудови для нового будівництва сучасних об'єктів нерухомості. Звичайно реалізація таких рішень вимагатиме юридичного врегулювання питань з власниками нерухомості. Але реалізація таких технологій на зруйнованих війною об'єктах є цілком можливою. Використання сучасного обладнання і технологій подрібнення та сепарації дозволяє отримати з будівельних відходів нові різновиди компонентів для будівельних розчинів і бетонів. Отримані в результаті подрібнення лому бетонних і залізобетонних конструкцій штучні пісок та щебінь доцільно повторно використовувати для приготування бетонів та будівельних розчинів.

Проведені комплексні дослідження проб заповнювачів, отриманих з використанням технологій механічного подрібнення і сепарації фракцій підтверджують можливість отримання сировинних ресурсів, які за своїми фізичними властивостями відповідають традиційним природним мінеральним заповнювачам будівельних сумішей. Перевірку фізико-механічних характеристик отриманих штучних матеріалів проводили шляхом виготовлення дослідних бетонів та будівельних розчинів в лабораторних

умовах. Характеристики зразків-моделей визначались згідно стандартних методик відповідно з вимогами нормативно-технічних документів ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови» та ДСТУ Б В 2.7-75-98. «Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови». Результати проведених випробувань наведено у таблиці 1, в якій представлено основні характеристики отриманих сировинних матеріалів.

Таблиця 1

Характеристики заповнювачів для будівельних сумішей

Вид заповнювача	Гранулометричні характеристики	Насипна густина, кг/м ³	Вологість, %	Вміст пилюватих частинок, %	Вміст глинистих та мулинистих часток, %	Вміст зерен лещадної і голковидної форми, %
Крупний заповнювач	суміш фракцій від 5 до 10 мм	1640	2,8	0,24	0,0	2,8
	суміш фракцій від 10 до 20 мм	1560	4,1	0,12	0,0	3,6
Дрібний заповнювач	середнє значення модуля крупності 1.9	1680	2,4	1,14	0,0	-
	середнє значення модуля крупності 1.4	1760	2,6	1,58	0,0	-

За результатами наведених у таблиці характеристик крупного і дрібного заповнювачів, отриманих після переробки залишків будівельного лому бетону, можна стверджувати про доцільність їх використання як заповнювачів сухих будівельних сумішей. Відомо, що для використання заповнювачів сухих будівельних сумішей необхідно виконати перевірку їх фізико-хімічних характеристик на реальних зразках-моделях у лабораторних умовах. Перевірку запропонованих технологічних рішень, стосовно використання отриманих штучних заповнювачів з продуктів подрібнення будівельного брухту як компонентів будівельних сумішей, проводили шляхом виготовлення зразків бетону стандартних складів (В20). Для лабораторних випробувань використовували традиційне мінеральне в'язуче – Портландцемент ПЦ II/A-III-500. Експериментальні дослідження проводились відповідно до регламентованої методики наведеної в ДСТУ Б В.2.7-187:2009 «Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск». В таблиці 2 наведено рецептурні склади формувальних сумішей і основні фізико-механічні характеристики дослідних зразків.

Таблиця 2

Рецептурні склади сумішей бетону і характеристики зразків

Зразок і серії	Дрібний заповнювач, кг	Крупний заповнювач, кг		ПЦ, кг	Добавка-пластифікатор	Характеристики зразків	
		фракція 5-10 мм	фракція 10-20 мм			середня густина, кг/м ³	міцність при стиску, кгс/см ²
А	640	450	820	310	Sika Mix	2360	294
Б	670	450	820	290		2320	283
В	700	450	820	260		2348	276

З представлених у таблиці 2 результатів експериментальних досліджень можна стверджувати про доцільність використання штучних заповнювачів, отриманих з лому бетону, у складі сумішей для виготовлення бетонів. Характеристики зразків, наведені у таблиці свідчать, що отриманий матеріал відноситься до бетонів класу С16/20, який є досить поширеним у будівельній практиці. Запропоновані технологічні рішення використання штучних заповнювачів, отриманих за технологією ресайклінгу, у складі сухих будівельних сумішей можуть безперешкодно трансформуватись в існуючих умовах

будівельного майданчику. Повторне використання отриманих штучних компонентів будівельних сумішей безпосередньо на території будівельного об'єкту дозволить також скоротити обсяги транспортних перевезень заповнювачів, які виготовляються традиційними технологіями на природних кар'єрах.

Експериментальними дослідженнями також встановлено, що після подрібнення бетону отримується незначний вміст пилоподібної фракції вторинного продукту. Залишки цих фракцій також спостерігаються на поверхні дрібного і крупного заповнювачів. Очевидно, що це продукти подрібненої породи, а також залишки непрогідратованих клінкерних мінералів, які при повторному використанні у складі сировинних сумішей сприятимуть покращенню фізико-механічних характеристик будівельних виробів. Крім того наявність такого ефекту очевидно дозволить скоротити витрати досить вартісного компоненту - портландцементу при отриманні задовільних показників стійкості до механічних навантажень. Аналітично обґрунтовані і експериментально отримані результати досліджень можливості використання штучних заповнювачів, виготовлених за технологією ресайклінгу лому бетону, підтверджують можливість отримання сухих будівельних сумішей. Подальші дослідження штучних компонентів будівельних сумішей, отриманих в результаті ресайклінгу будівельного лому, передбачатимуть варіювання рецептурно-технологічних параметрів сировинних сумішей. Також проведення комплексних досліджень характеристик зразків-моделей дозволить забезпечити виготовлення будівельних виробів з прогнозованими фізико-механічними характеристиками. Отримані з будівельних відходів сировинні матеріали, порівняно з традиційними природними заповнювачами, дозволять виявити значні резерви для розвитку технологій ресайклінгу і сприятимуть покращенню соціально-екологічного середовища для конкретного регіону.

Висновки

Проведено обґрунтування доцільності використання технологій ресайклінгу для виготовлення штучних заповнювачів сухих будівельних сумішей з відвальних залишків будівельного лому. Отримано дослідні партії проб штучних заповнювачів і вивчено їхні фізичні параметри. Підтверджено можливість використання отриманих заповнювачів як альтернативи традиційним природним матеріалам. Доведено, що ресайклінг накопичених відвалів будівельного лому в перспективі буде невід'ємною вимогою при здійсненні демонтажних робіт для будь-яких будівельних об'єктів. Отримано нові технологічні рішення розв'язанням проблем ресурсозбереження будівництва, які сприятимуть вирішенню важливих соціально-екологічних задач пов'язаних з захистом навколишнього середовища і збереженням природних ресурсів України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христич, С. Ю. Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
2. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
3. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
4. Лемешев М. С. Екологічно ефективні будівельні матеріали для тепло модернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христич, К. К. Лемішко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 52-61.
5. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христич О. В. // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.
6. Лемішко К. К. Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів / Лемішко К. К., Стаднічук М. Ю., Лемешев М. С. // Матеріали науково-практичної конференції "Енергія. Бізнес. Комфорт", 26 грудня 2018 р. – Одеса : ОНАХТ, 2019. – С. 23-25.
7. Березюк О. В. Фосфогіпсозолоцементні та металофосфатні в'язучі з використанням відходів виробництва [Текст] / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні : Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і студентів. – Київ : КНУБА, 2011. – Ч. 1. - С. 125-128.

REFERENCES

1. Lemeshev M. S. Resursozberihaiucha tekhnolohiia vyrobnytstva budivelnnykh materialiv z vykorystanniam tekhnohennykh vidkhodiv / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, S. Yu. Zuziak // Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktzii u budivnytstvi. – 2018. – № 1. – S. 18-23.

2. Kovalskyi V. P. Obgruntuvannia dotsilnosti vykorystannia zoloshlamovoho v'iazhuchoho dla pryhotuvannia sukhykh budivelnnykh sumishei / V. P. Kovalskyi, V. P. Ocheretnyi, M. S. Lemeshev, A. V. Bondar // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. – Rivne: Vydavnytstvo NUVHiP, 2013. – Vypusk 26. – S. 186-193.
3. Serdiuk V. R. Zolotsementne v'iazhuche dla vyhotovlennia nizdriuvatykh betoniv / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktii v budivnytstvi. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia. – 2011. – № 1(10). – S. 57-61.
4. Lemeshev M. S. Ekologichno efektyvni budivelni materialy dla teplomodernizatsii budivel / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, K. K. Lemishko // Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktii v budivnytstvi. – 2019. – № 2. – S. 52-61.
5. Serdiuk V. R. Kompleksne v'iazhuche z vykorystanniam mineralnykh dobavok ta vidkhodiv vyrobnytstva / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – 2009. – Vyp. 33. – S. 57-62.
6. Lemishko K. K. Vykorystannia promyslovykh vidkhodiv enerhetychnoi ta khimichnoi haluzi v tekhnologii vyhotovlennia budivelnnykh vyrobiv / K. K. Lemishko, M. Yu. Stadniichuk, M. S. Lemeshev // Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii "Enerhiia. Biznes. Komfort", 26 hrudnia 2018 r. – Odesa : ONAKhT, 2019. – S. 23-25.
7. Bereziuk O. V. Fosfohipsozotsementni ta metalofosfatni v'iazhuchi z vykorystanniam vidkhodiv vyrobnytstva [Tekst] / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, O. V. Bereziuk // Suchasni ekologichno bezpechni ta enerhozberihaiuchi tekhnologii v pryrodokorystuvanni : Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh i studentiv. – Kyiv : KNUBA, 2011. – Ch. 1. – S. 125-128.

Христич Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: dockhrystich@i.ua. ORCID: 0000-0003-0166-547X

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

O. V. Bondar
O. V. Hristych

FILLERS FOR DRY CONSTRUCTION MIXTURES FROM RECYCLING PRODUCTS OF CONSTRUCTION SCRAP

Vinnitsa National Technical University

The main directions of development of technologies and activities of enterprises in the building materials industry are justified. The need to develop and implement technologies for recycling construction scrap residues for the production of building mixtures was noted. The justification of the possibilities of implementing such technological solutions capable of ensuring real savings in energy resources, reducing capital investment costs, and also allowing for significant improvement of the ecology of individual regions affected by russian aggression is presented. The results of analytical studies of existing developments in the areas of resource-saving technologies for processing construction and technogenic waste for the production of aggregates for building mixtures are presented. A graphical interpretation of the results of computational and analytical studies of the possibility of obtaining volumes of construction scrap and solid waste after dismantling destroyed residential buildings of typical building series is presented. It is noted that the accumulated volumes of construction scrap obtained as a result of the destruction of buildings and structures consist overwhelmingly of concrete, reinforced concrete, expanded clay concrete, and brickwork made of ceramic and silicate products. The results of experimental studies on the processing of construction scrap from reinforced concrete structures for the production of aggregates for building mixtures are presented. The compliance of the characteristics obtained using the technologies of crushing and separation of materials with the regulatory requirements regulating the granulometry indicators and physical parameters for traditional mineral aggregates has been confirmed. The recipe and technological parameters for the production of concrete mix using a new type of aggregates are substantiated using regulatory and technical literature. Laboratory tests using experimental samples of fine and coarse aggregates obtained from construction scrap produced experimental series of concrete samples and conducted studies of their physical and mechanical characteristics. The feasibility of using recycling technologies for the production of building mixtures using aggregates from construction scrap has been confirmed; the obtained samples belong to the C16/20 concrete class, the most common in construction practice. It was also noted that it is possible to transform recycling technologies in the conditions of a construction site, where piles of construction scrap residues have already accumulated, because it does not require any new specialized technological solutions. The positive effect of the presence of reactive substances on the surface of the obtained aggregates is shown, which in turn provides an increase in the physical and mechanical characteristics of the samples while reducing the binder content. The formulation and technological parameters of dry building mixtures for the manufacture of building products using the obtained artificial aggregates have been developed and investigated. A program for further research into the predicted characteristics of model samples of building mixtures using aggregates as products of recycling construction scrap is presented.

Key words: aggregates for building mixtures, construction scrap, social and environmental impacts, dry building mixtures, recycling technology, resource-saving technology, solid inorganic waste, construction products.

Khrystych Oleksandr – associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnytsya national technical universit, Vinnytsya. e-mail: dockhrystich@i.ua. ORCID: 0000-0003-0166-547X

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