

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 691-47

<https://doi.org/10.31713/vt320224>

**Дудар І. Н., д.т.н., професор, Швець В. В., к.т.н., доцент,
Христич О. В., к.т.н., доцент** (Вінницький національний технічний
університет, м. Вінниця, dudar@vntu.edu.ua, v.shvets@vntu.edu.ua,
dockhristich@i.ua)

КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Обґрунтовано необхідність комплексного використання в технології виготовлення стінових будівельних виробів будівельних і техногенних відходів. Проведено аналітичні дослідження технологій переробки техногенних відходів для отримання будівельних матеріалів. Запропоновано рецептурно-технологічні параметри виготовлення стінових будівельних матеріалів з використанням отриманих багатокомпонентних будівельних сумішей. Наведено рекомендації стосовно вибору технології влаштування захисного оздоблювального покриття огорожувальних конструкцій будівель виготовлених з виробів ніздрюватої структури, отриманих на основі мінеральних в'язучих.

Ключові слова: будівельні відходи; ресурсозберігаюча технологія; техногенні відходи; стінові матеріали.

Вступ. Серед широкого комплексу важливих завдань науково-дослідних установ і організацій гостро постає проблема створення нових енергоефективних матеріалів для зведення огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Серед широкої гами будівельних виробів для виготовлення огорожувальних конструкцій будівель широкого використання набули конструкційно-теплоізоляційні матеріали. Перспективними рішенням створення виробництва нових різновидів матеріалів, що здатні відповідати сучасним вимогам, є використання доступних і дешевих складників сировинних сумішей, які б задовольняли вимогам ресурсозбереження.

Серед широкого спектру фізико-механічних і теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів для виготовлення огорожувальних конструкцій актуальними постають потреби набування ними

також електротехнічних властивостей. Потреба створення стінових матеріалів з поліфункціональними властивостями пояснюється тим, що з другої половини 20 століття і по теперішній час спостерігається поширення нового небезпечного фактору – електромагнітне забруднення навколишнього середовища.

Мета роботи. Існуючі технології виробництва конструкційно-теплоізоляційних будівельних матеріалів з використанням у якості заповнювачів вторинних матеріалів техногенної природи набули широкого впровадження на підприємствах виробничої бази будівництва. Комплексне розв'язання проблем ресурсозбереження, енергоефективності та екологічності на підприємствах будівельної галузі полягає у використанні заповнювачами сировинних сумішей багатотоннажних відвалів золи-виносу та екологічно небезпечних відходів хімічної промисловості [1–3]. Водночас потреба у створенні нових технологій виробництва будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель, які б відповідали широкому спектру їхніх експлуатаційних характеристик, є достатньо актуальною. Серед різновидів вторинних сировинних матеріалів в сучасних умовах є невинне накопичення будівельного брухту. Внаслідок військової агресії Російської Федерації в Україні більше 30% об'єктів нерухомості різних форм власності зруйновано і масштаби руйнувань ще неостаточні. Отже, постає гостра проблема, пов'язана з вирішенням питань рециклінгу залишків зруйнованих будівель і споруд з використанням їх як вторинних сировинних матеріалів у складі будівельних сумішей.

Основна частина. Виробничі потужності будівельної галузі в умовах енергетичної кризи в Україні, внаслідок значної питомої ваги ресурсів у вартості кінцевої продукції, потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів. Розв'язання нагальних завдань щодо зниження собівартості витрат на сировинні компоненти, скорочення споживання паливно-енергетичних та інших різновидів ресурсів передбачає насамперед розширення асортименту використання вторинних продуктів у технологічних процесах. Такий різновид компонентів сировинної бази, як підтверджують результати наукових розробок, забезпечить можливості отримання нових ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних виробів і сприятиме формуванню значних резервів для підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації [4–6].

Накопичені обсяги будівельного брухту від руйнування елементів будівель і споруд переважно містять залишки бетону, залізобето-

ну, керамзитобетону, цегляної кладки з керамічних і силікатних виробів. Аналітичними дослідженнями встановлено, що на 1 м³ будівельного об'єму порівняно з переліченими відходами також утворюються незначні обсяги деревини, скла і органічних твердих відходів (табл. 1).

Таблиця 1

Узагальнені обсяги витрат будівельних матеріалів для окремих різновидів цивільних будівель

Будівлі	Будівельний Об'єм, м ³	Будівельні матеріали					
		бетон, м ³	залізобетон, м ³	будівельний розчин, м ³	метал, т	цегла, тис. шт.	пиломатеріали, м ³
Блок-секція 5-поверхового цегляного житлового будинку на 15 кв. Паспорт проєкту № 87-018/72/І	3012,0	58,4	208,4	868,0	14,2	187,4	48,6
Збірний двосекційний 5-поверховий житловий будинок на 30 кв. Паспорт проєкту № 121-031/І	5933,4	36,6	1067,7	743,6	42,4	2,9	96,8
Збірний двосекційний 5-поверховий житловий будинок на 39 квартир. Паспорт проєкту № 92-020с/І	9722,4	126,8	1752,0	1196,0	158,2	4,2	107,0
Дев'ятиповерховий 72-квартирний житловий будинок на одну секцію з цегляними стінами. Паспорт проєкту № 86-025/І	16074,2	92,9	1448,9	1218,6	121,4	815,3	242,8
Блок-секція 9-поверхового великопанельного житлового будинку на 27 квартир. Паспорт проєкту № 127-015С/І	6332,0	31,3	1571,7	756,2	122,6	2,2	62,8

продовження табл. 1

Блок-секція 9-поверхового великопанельного житлового будинку на 36 квартир. Паспорт типового проєкту № 94-052/1	7670,5	58,6	1296,6	896,3	154,1	3,6	91,6
Двоповерховий двосекційний житловий будинок на 12 квартир з цегляними стінами. Паспорт проєкту № 114-42-152 с. 85	3810	374,2	248,6	443,3	18,7	175,8	196,8

Цілком ймовірним є той факт, що на звільнених майданчиках від зруйнованих об'єктів нерухомості у майбутньому плануватиметься будівництво нових сучасних будівель і споруд. Отже, гостро постане потреба з вирішення завдань утилізації будівельних відходів, отриманих у ході демонтажу елементів зруйнованої забудови.

Результати проведених розрахунково-аналітичних досліджень техніко-економічних показників проєктів громадських будівель за інформацією наведених паспортів показують, що у середньому на 1,0 м² житлової площі передбачалось витратити 0,126 м³ бетонної суміші; 1,446 м³ збірного залізобетону (в т.ч. керамзитобетонні панелі) для будівель зі збірних конструкцій і 0,56 м³ збірного залізобетону для будівель з цегляними стінами; 0,55 м³ будівельного розчину (вапняно-піщаний і цементно-піщаний); 0,79 м³ цегли (в перерахунку на брукхт при руйнуванні) для будівель з цегляними стінами і 0,018 м³ цегли відповідно для будівель із збірних конструкцій. Приймаємо до уваги, що у процесі виконання демонтажу елементів конструкцій будівель і споруд, а також під час їх руйнування і сортування отриманого брукхту метал, пиломатеріали, рулонні матеріали і пластик будуть відокремлені для інших технологічних рішень з рециклінгу.

Згідно з рекомендаціями щодо визначення складу бетонної суміші, наданими в ДСТУ Б В.2.7-176:2008 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Технічні умови», а також ДСТУ Б В.2.7-299:2013 «Настанова щодо визначення складу важкого бетону», у табл. 2 наведено рекомендовані співвідношення компонентів сировинних сумішей для бетону класу В15 (найбільш поширена в будівництві марка товарного бетону М200).

Тобто узагальнені витрати природних мінеральних матеріалів

для виготовлення 1 м³ бетонної суміші складають в середньому 1230 кг – крупний заповнювач і 915 кг – дрібний заповнювач. В перерахунку на 100 м³ витрати складатимуть відповідно 123,0 тонн крупного і 91,5 тонн дрібного заповнювачів. Відпускна середня вартість 1 м³ бетонної суміші класу бетону В15 на заводі-виробнику складає 2300 грн/м³. Доля заповнювача у вартості суміші в середньому складає до 15%, отже, на 100 м³ бетону необхідно витратити близько 31 тис. грн вартості заповнювачів. При цьому невраховані транспортні витрати на доставку матеріалів до будівельного майданчика, які пропорційно залежать від відстані транспортування продукції.

Таблиця 2

Рекомендований склад основних компонентів бетонної суміші за класом В15

Клас бетону	Марка бетону	Типи заповнювача, мм		Значення В/Ц	В'язуче, кг/м ³	Крупний заповнювач, кг/м ³	Дрібний заповнювач, кг/м ³
В15	М200	гравій фракцій	5–10	0,63	300	410	960
			10–20			760	
		щебінь фракцій	5–10	0,68	320	450	870
			10–20			840	

З будівельної практики відомо також, що відстань транспортування і відповідно тривалість обмежуються періодами початку і завершення тверднення бетонної суміші. Дані процеси здійснюють прямий вплив на якість укладання бетонної суміші і фізико-механічні характеристики виготовлених монолітних конструкцій. Ці параметри в подальшому будуть впливати на експлуатаційні властивості виготовлених елементів будівель і споруд і їхні надійність та довговічність. Також суттєвий вплив на кількісні параметри характеристик монолітної конструкції здійснюють природні умови будівельного майданчика. Тобто на параметри технологічного процесу бетонних робіт, а також і відстані транспортування впливатимуть як плюсові, так і мінусові температурні умови навколишнього середовища.

Переробка будівельного брухту на території, де розміщувались зруйновані будівлі, не вимагає будь-яких специфічних технологій. На сьогоднішній день закордонна практика переробки і повторного використання отриманих продуктів від подрібнення і сортування лому

бетонних і залізобетонних конструкцій, а також брухту цегляних стін і газобетону підтверджує можливість повторного використання в будівництві від 70 до 90% твердих відходів. Переважна більшість технологічних рішень передбачає рециклінг подрібненого брухту елементів будівельних конструкцій як заповнювачів будівельних розчинів і бетонів.

Аналіз наявних наукових напрацювань і накопиченого досвіду використання твердих техногенних відходів на підприємствах промисловості будівельних матеріалів в нашій країні засвідчує, що існують великі можливості в реструктуризації сировинної бази. Водночас запровадження раціональних науково-технічних рішень з рециклінгу будівельного брухту для виробництва компонентів будівельних сумішей сприятиме вирішенню енергозатратних проблем забезпечення традиційними видобувними сировинними ресурсами. Розробки нових технологічних рішень із виготовлення компонентів будівельних сумішей шляхом подрібнення будівельних відходів стануть основою ефективного формування ресурсозберігаючих технологій для забезпечення виробництва нових конструкційно-теплоізоляційних будівельних виробів.

Запропоновано модель раціональних технологічних рішень комплексного використання подрібненого будівельного брухту як заповнювача будівельних сумішей. Результати дослідження реакційної здатності заповнювачів з подрібненого бетону, цегляної кладки і керамзитобетону показали, що залишкова міцність при стисненні зразків бетону складає від 10 до 15% від марочної. Для дослідження рецептурно-технологічних параметрів запропонованих науково-технічних рішень з реструктуризації сировинної бази компонентів будівельних сумішей попередньо було прийнято три серії складів сировинних сумішей для виготовлення зразків-моделей стінових виробів.

З метою отримання конструкційно-теплоізоляційного матеріалу як легкого компонента суміші використовували традиційний полістирольний заповнювач. Для виготовлення компонентів будівельних сумішей з будівельного брухту використовували технологію розмілювання в кульовому млині. В якості важких заповнювачів сировинних сумішей використовували подрібнений бетон (серія 1), подрібнені елементи цегляних стін (серія 2) і подрібнений керамзитобетон (серія 3). Середнє значення модуля крупності заповнювачів складало від 1,9 до 2,2. Як в'яжуче у складі суміші використовувався порт-

ландцемент 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». З урахуванням показників реакційної здатності заповнювача прийнято рішення скоротити витрати в'язучого у складі сумішей на 15%. Результати дослідження зразків моделей конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів наведено в табл. 3.

Представлені в табл. 3 результати досліджень підтверджують можливість використання запропонованих науково-технічних рішень в технології виготовлення конструкційно-теплоізоляційних будівельних матеріалів. Комплексна переробка будівельного брухту на звільненій території під нове будівництво забезпечить вирішення цілої низки важливих економічних, виробничих і екологічних завдань.

Таблица 3

Результати дослідження фізико-механічних характеристик дослідних зразків

Серії зразків	В'язуче	Заповнювач	Середня щільність, кг/м ³	Міцність при стисканні, кгс/см ²
1	ПЦ I /500	Подрібнений бетон	1550	68
2	ПЦ I /500	Подрібнена цегляна кладка	1320	54
3	ПЦ I /500	Подрібнений керамзитобетон	1440	56

Для впровадження запропонованих рішень для реструктуризації сировинної бази будівництва необхідно розробити технологічні регламенти поводження з будівельними відходами і рекомендації із використання отриманих сировинних ресурсів для виготовлення будівельних сумішей. Перспективність розвитку досліджень і впровадження запропонованої ресурсозберігаючої технології комплексної переробки будівельних відходів з одночасним виготовленням конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів передбачає використання у виробничому процесі традиційних технологічних схем з приготування бетонів і формування збірних будівельних конструкцій. Впровадження в будівництві таких нових технологічних рішень забезпечить вирішення важливих економічних, екологічних і соціальних проблем для багатьох регіонів України.

Висновки:

- реакційна здатність заповнювачів з подрібненого бетону, цегляної кладки і керамзитобетону показали, що залишкова міцність при стисненні зразків бетону складає від 10 до 15% від марочної;
- з урахуванням показників реакційної здатності заповнювача рекомендується скоротити витрати в'язучого у складі сумішей на 15%.

1. Сердюк В. Р., Христинич О. В. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* : наук.-техн. зб. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013. № 1(13). С. 28–32. **2.** Сердюк В. Р., Христинич О. В., Постовий П. В. Ніздрюватий бетон поліфункціонального призначення. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* : наук.-техн. зб. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013. № 2(15). С. 18–22. **3.** Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христинич О. В. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка* : наук.-техн. зб. 2009. Вип. 33. С. 57–62. **4.** Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне : НУВГП, 2013. Вип. 26. С. 186–193. **5.** Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христинич О. В. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2011. № 1. С. 57–61. **6.** Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христинич О. В. Проблеми стабільності формування макроструктури ніздрюватих газобетонів безавтоклавного твердіння. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. 2011. № 40. С. 166–170.

REFERENCES:

1. Serdiuk V. R., Khrystych O. V. Efektyvni zapovniuvachi dlia nizdriuvatykh betoniv. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi* : nauk.-tekhn. zb. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia, 2013. № 1(13). S. 28–32. **2.** Serdiuk V. R., Khrystych O. V., Postovyi P. V. Nizdriuvaty beton poli funktsionalnogo pryznachennia. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi* : nauk.-tekhn. zb. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia, 2013. № 2(15). S. 18–22. **3.** Serdiuk V. R., Lemeshev M. S., Khrystych O. V. Kompleksne viazhucho z vykorystanniam mineralnykh dobavok ta vidkhodiv vyrobnytstva. *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika* : nauk.-tekhn. zb. 2009. Vyp. 33. S. 57–62. **4.** Obgruntuvannia dotsilnosti vykorystannia zoloshlamovoho viazhuchoho dlia pryhotuvannia sukhykh budivelnykh

sumishei / V. P. Kovalskyi, V. P. Ocheretnyi, M. S. Lemeshev, A. V. Bondar. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy*. Rivne : NUVHP, 2013. Vyp. 26. S. 186–193. **5.** Serdiuk V. R., Lemeshev M. S., Khrystych O. V. Zolotsementne viazhucho dlia vyhotovlennia nizdriuvatykh betoniv. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi*. 2011. № 1. S. 57–61. **6.** Serdiuk V. R., Lemeshev M. S., Khrystych O. V. Problemy stabilnosti formuvannia makrostruktury nizdriuvatykh hazobetoniv bezavtoklavnoho tverdinnia. *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika*. 2011. № 40. S. 166–170.

Dudar I. N., Doctor of Engineering, Professor, Shvets V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Khrystych O. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, dudar@vntu.edu.ua, v.shvets@vntu.edu.ua, dockhristich@i.ua)

STRUCTURAL AND THERMAL INSULATION BUILDING PRODUCTS USING RECYCLED RAW MATERIALS

Solutions for the restructuring of construction raw material base are proposed. The need to develop technological regulations handling of construction waste and recommendations use of the obtained raw materials for the production of construction mixtures was noted. The perspective development of research and implementation of resource-saving technology of complex processing construction waste with the simultaneous production of structural and heat-insulating wall products is shown, which involves the use of traditional technological schemes for preparing concrete and forming prefabricated building structures in the production process. The implementation of such new technological solutions in construction will provide a solution to important economic, environmental and social problems for many regions of Ukraine.

The need for complex use of construction and man-made waste in the technology of manufacturing wall construction products is substantiated. Analytical studies of technogenic waste processing technologies for obtaining building materials have been conducted. Analytical studies have established that the accumulated volumes of construction scrap from the destruction of elements of buildings and structures in the vast majority include the remains of concrete, rein-

forced concrete, expanded clay concrete, brickwork made of ceramic and silicate products. Recipe and technological parameters for the production of wall building materials using the obtained multicomponent building mixtures are proposed. The study of the experience of recycling construction scrap confirms that the technology of recycling in the territory where the destroyed buildings were located does not require any new solutions. The foreign practice of processing and re-using products obtained from crushing and sorting scrap concrete and reinforced concrete structures, as well as scrap brick walls and aerated concrete, is known, which confirms the possibility of reusing 70 to 90% of solid waste in construction. Recommendations are given regarding the choice of manufacturing technology of structural and heat-insulating wall products for the construction of enclosing structures of buildings.

***Keywords:* construction waste; resource-saving technology; man-made waste; wall materials.**
