

## **КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

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 улаштування 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 здатних задовольняти вимогам сучасності 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 полі функціональними 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]. Разом з тим потреба у створенні нових технологій виробництва будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель, які б задовольняли широкому спектру їхніх експлуатаційних характеристик є достатньо актуальною. Серед різновидів вторинних сировинних матеріалів в сучасних умовах є невинне накопичення будівельного брухту. Внаслідок військової агресії до України зі сторони російської федерації 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 на Україні, внаслідок значної питомої ваги ресурсів у вартості кінцевої продукції потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів. Розв'язання нагальних завдань по

зниженню собівартості витрат на сировинні компоненти, скорочення споживання паливно-енергетичних та інших різновидів ресурсів передбачає перш за все 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 по підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації [4-6].

Накопичені обсяги будівельного брухту від руйнування елементів будівель і споруд в переважній більшості включають залишки бетону, залізобетону, керамзитобетону, цегляної кладки з керамічних і силікатних виробів. Аналітичними дослідженнями встановлено, що на 1 м<sup>3</sup> будівельного об'єму порівняно з переліченими відходами також утворюються незначні обсяги деревини, скла і органічних твердих відходів (Таблиця 1). Цілком ймовірним є той факт, що на звільнених майданчиках від зруйнованих об'єктів нерухомості у майбутньому буде плануватись будівництво нових сучасних будівель і споруд. Таким чином, гостро постане потреба з вирішення завдань утилізації будівельних відходів, отриманих у ході демонтажу елементів зруйнованих будівель і споруд.

**Таблиця 1. – Узагальнені обсяги витрат будівельних матеріалів для окремих різновидів цивільних будівель**

Будівлі	Будівельний об'єм, м <sup>3</sup>	Будівельні матеріали					
		бетон, м <sup>3</sup>	залізо-бетон, м <sup>3</sup>	будівельний розчин, м <sup>3</sup>	метал, т	цегла, тис. шт.	пиломатеріали, м <sup>3</sup>
Блок-секція 5-ти поверхового цегляного житлового будинку на 15 кв.. Паспорт проекту №87-018/72/І	3012,0	58,4	208,4	868,0	14,2	187,4	48,6
Збірний двохсекційний 5-ти поверховий житловий будинок на 30 кв. Паспорт проекту №121-031/І	5933,4	36,6	1067,7	743,6	42,4	2,9	96,8
Збірний двохсекційний 5-ти поверховий житловий будинок на 39 квартир. Паспорт проекту №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 проекту №86-025/І	16074,2	92,9	1448,9	1218,6	121,4	815,3	242,8
Блок-секція дев'ятиповерхового крупно панельного житлового будинку на 27-квартир. Паспорт проекту №127-015С/І	6332,0	31,3	1571,7	756,2	122,6	2,2	62,8
Блок-секція дев'ятиповерхового крупно панельного житлового будинку на 36-квартир. Паспорт типового проекту №94-052/І	7670,5	58,6	1296,6	896,3	154,1	3,6	91,6
Двохповерховий двохсекційний житловий будинок на 12 квартир з цегляними стінами. Паспорт проекту №114-42-152с.85	3810	374,2	248,6	443,3	18,7	175,8	196,8

Результати проведених розрахунково-аналітичних досліджень техніко-економічних показників проектів громадських будівель за інформацією наведених паспортів показують, що у середньому на 1,0 м<sup>2</sup> житлової площі передбачалось витратити 0,126 м<sup>3</sup> бетонної суміші; 1,446 м<sup>3</sup> збірного залізобетону (в т.ч. керамзитобетонні панелі) для будівель із збірних конструкцій і 0,56 м<sup>3</sup> збірного залізобетону для будівель з цегляними стінами; 0,55 м<sup>3</sup> будівельного розчину (вапняно-піщаний і цементно-піщаний); 0,79 м<sup>3</sup> цегли (в перерахунку на брухт при руйнуванні) для будівель з цегляними стінами і 0,018 м<sup>3</sup> цегли відповідно для будівель із збірних конструкцій. Приймається до уваги, що у процесі виконання демонтажу елементів конструкцій будівель і споруд, а також під

час їх руйнування і сортування отриманого брухту метал, пиломатеріали, рулонні матеріали і пластик будуть відокремлені для інших технологічних рішень з рециклінгу.

Згідно рекомендацій щодо визначення складу бетонної суміші, наведених 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 таблиці 2 наведено рекомендовані співвідношення компонентів сировинних сумішей для бетону класу В15 (найбільш поширена в будівництві марка товарного бетону М200).

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 <sup>3</sup>	Крупний заповнювач, кг/м <sup>3</sup>	Дрібний заповнювач, кг/м <sup>3</sup>
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	

Тобто узагальнені витрати природних мінеральних матеріалів для виготовлення 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші складають в середньому 1230 кг – крупний заповнювач і 915 кг – дрібний заповнювач. В перерахунку на 100 м<sup>3</sup> витрати складатимуть відповідно 123.0 тон крупного і 91.5 тон дрібного заповнювачів. Відпускна середня вартість 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші класу бетону В15 на заводі-виробнику складає 2300 грн/м<sup>3</sup>. Доля заповнювача у вартості суміші в середньому складає до 15%, отже на 100 м<sup>3</sup> 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.

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.

Аналізуючи наявні наукові напрацювання і накопичений досвід використання твердих техногенних відходів на підприємствах промисловості будівельних матеріалів в нашій країні, показують, що існують великі можливості в реструктуризації сировинної бази. Разом з тим запровадження раціональних науково-технічних рішень з рециклінгу будівельного брухту для виробництва компонентів будівельних сумішей сприятиме вирішенню енергозатратних проблем забезпечення традиційними видобувними сировинними ресурсами. Розробка нових технологічних рішень по виготовленню 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 заповнювачами будівельних сумішей подрібненого будівельного брухту. 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 у якості легкого компонента суміші використовували традиційний полістирольних заповнювач. Для виготовлення компонентів будівельних сумішей з будівельного брухту використовували технологію розмелювання в кульовому млині. Важкими заповнювачами 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'язуче у складі суміші використовувався 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". 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 таблиці 3.

**Таблиця 3 – Результати дослідження фізико-механічних характеристик характеристик дослідних зразків**

Серії зразків	В'язуче	Заповнювач	Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	Міцність при стисканні, кгс/см <sup>2</sup>
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

Представлені в таблиці 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.

Для впровадження запропонованих рішень для реструктуризації сировинної бази будівництва необхідно розробити технологічні регламенти поводження з будівельними відходами і рекомендації по використанню отриманих сировинних ресурсів для виготовлення будівельних сумішей. Перспективність розвитку досліджень і впровадження запропонованої ресурсозберігаючої технології комплексної переробки будівельних відходів з одночасним виготовлення 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 до вирішення важливих економічних, екологічних і соціальних проблем для багатьох регіонів України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюк В.Р. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, О. В. Христин // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №1(13), С. 28-32.
2. Сердюк В.Р. Ніздрюватий бетон полі функціонального призначення / В. Р.Сердюк, О. В. Христин, П.В. Постовий // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №2(15), С. 18-22.
3. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христин О.В. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.
4. 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. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.

5. 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. – 2011. – № 1. – С. 57-61.

6. Сердюк В.Р. Проблеми стабільності формування макроструктури ніздрюватих газобетонів безавтоклавного твердіння / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. - 2011. - №40. - С. 166-170.

**Швець Віталій Вікторович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. E-mail: v.shvets@vntu.edu.ua. ORCID: 0000-0002-2748-3685

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

**Дудар Ігор Никифорович** – доктор. техн. наук, професор, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. E-mail: dudar@vntu.edu.ua

**V.V. Shvets**  
**O.V. Khristych**  
**I.N. Dudar**

## **STRUCTURAL AND THERMAL INSULATION BUILDING PRODUCTS USING RECYCLED RAW MATERIALS**

Vinnitsia National Technical University

### **Abstract**

The necessity of complex use in the technology of manufacturing wall construction products of construction and man-made waste is substantiated. Analytical researches of technologies of processing of technogenic waste for reception of building materials are carried out. Prescription-technological parameters of production of wall building materials with use of the received multicomponent dry mixes are offered. The recommendations concerning the choice of the technology of arrangement of the protective finishing covering of the enclosing constructions of buildings made from products of the niched structure obtained on the basis of mineral binders are given.

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

**Vitaliy Viktorovych Shvets** – candidate of technical sciences, associate professor, head department of construction, urban economy and architecture, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia. E-mail: v.shvets@vntu.edu.ua. ORCID: 0000-0002-2748-3685.

**Hristych Oleksandr Volodymyrovych** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia. E-mail: dockhristich@i.ua. ORCID: 0000-0003-0166-547X.

**Dudar Ihor Nikiforovich** – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia. E-mail: dudar@vntu.edu.ua.