

## БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Обґрунтовано необхідність комплексного використання в технології виготовлення штучних стінових матеріалів будівельних і техногенних відходів. Проведено комплексні дослідження наявних технологічних рішень в галузі переробки твердих відходів неорганічної природи для отримання інертних заповнювачів формувальних сумішей будівельних матеріалів. Аналітичними дослідженнями встановлено, що 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. Запропоновано нові рецептурно-технологічні параметри сировинних багатокomпонентних сумішей для виготовлення стінових будівельних матеріалів. Представлено результати вивчення технологічних рішень в галузі переробки будівельного брухту пояснює перспективність даного напрямку досліджень і підтверджує, що технології рециклінгу на території де розміщувались зруйновані будівлі є найбільш оптимальним варіантом реалізації проектних намірів. Відмічено, що технологічні процеси з виготовлення компонентів будівельних сумішей розташовуються поблизу самого об'єкта будівництва, а отже скорочуються транспортні витрати на поставки сировини також немає потреби у використанні природних видобувних ресурсів. Наведено рекомендації стосовно вибору технології виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель.

**Ключові слова:** будівельні відходи, ресурсозберігаюча технологія, техногенні відходи, стінові матеріали

### Abstract

*The need for complex use of construction and man-made waste in the technology of manufacturing artificial wall materials is substantiated. Comprehensive studies of available technological solutions in the field of processing inorganic solid waste to obtain inert aggregates for forming mixtures of 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, reinforced concrete, expanded clay concrete, brickwork made of ceramic and silicate products. New recipe and technological parameters of raw multicomponent mixtures for the manufacture of wall building materials are proposed. The results of the study of technological solutions in the field of processing of construction scrap are presented, it explains the perspective of this direction of research and confirms that recycling technologies in the territory where the destroyed buildings were located are the most optimal option for the implementation of project intentions. It was noted that the technological processes for the production of components of building mixtures are located near the construction site itself, and therefore transport costs for the supply of raw materials are reduced, and there is no need to use natural mining resources.. Recommendations regarding the choice of technology for the production of structural and heat-insulating wall products for the construction of enclosing structures of buildings are given.*

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

### Вступ

Сучасні науково-технічні проекти в будівельній галузі передбачають розробку комплексних рішень важливих завдань за напрямком створення нових енергоефективних матеріалів для

зведення огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Існуючі технології виготовлення штучних будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель передбачають використання конструкційно-теплоізоляційних матеріалів, які дозволяють комплексно вирішувати проектні задачі по влаштуванню елемента огорожувальної конструкції і разом з тим отримати елемент будівлі з задовільними теплотехнічними характеристиками.

В умовах складної економічної ситуації в Україні внаслідок збройної агресії росії, перспективними рішенням стосовно розробки ресурсозберігаючих технологій виробництва нових різновидів матеріалів здатних задовольняти вимогам сучасності є використання вторинних сировинних матеріалів для отримання складників будівельних сумішей і бетонів. Значні перспективи розвитку такої важливої галузі народного господарства, як промисловість будівельних матеріалів знаходяться на стадії корінної переоцінки у зв'язку з гострим дефіцитом енергетичних ресурсів. Тому підприємства виробничої бази будівництва в сучасних кризових умовах на Україні потребують впровадження нових ресурсозберігаючих технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів.

Вирішення складних завдань стосовно зниження собівартості будівництва і скорочення витрат видобувних природних матеріалів та паливно-енергетичних ресурсів, передбачає перш за все створення нових технологій з використання вторинних продуктів, як штучних заповнювачів будівельних сумішей. Отриманий новий різновид компонентів інертної складової у рецептурах будівельних сумішей, як підтверджують результати наукових розробок, забезпечить реалізацію перспективних напрямків з виготовлення стінових виробів і сприятиме формуванню значних резервів в будівельній галузі [1-3].

Аналіз сучасного ринку штучних будівельних виробів показує, що серед широкого різноманіття стінових матеріалів найбільш поширеними є стінові блоки, виготовлені на підприємствах виробничої бази будівництва. Порівняно з традиційними керамічними виробами, значної популярності в будівельній практиці набули штучні стінові блоки з легких та ніздрюватих бетонів. Технології виробництва стінових виробів щільної і ніздрюватої структур за часів становлення і по теперішній час продовжують невпинно розвиватись і удосконалюватись. На підприємствах виробничої бази будівництва такі технології дістали подальший розвиток завдяки змінам якісних і кількісних рецептурно-технологічних параметрів виготовлення бетонів. Реалізація запропонованих новаторських проектів відбулась шляхом переходу у площину вдосконалення фізико-механічних, експлуатаційних та технологічних властивостей будівельних сумішей, таких як рухливість, легкоукладальність, однорідність масиву, повітровтягування, водоцементне відношення, водонепроникність, міцність стійкість до агресивних середовищ, тривалість тверднення.

**Мета роботи.** Розробка і дослідження ресурсозберігаючої технології виготовлення інертних заповнювачів для будівельних розчинів і бетонів для виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів. Отримання способів комплексного розв'язання проблем утилізації залишків зруйнованих будівель з отриманням заповнювачів для будівельних сумішей, ресурсозбереження завдяки скороченню використання видобувних ресурсів, регулювання показників енергоефективності стінових виробів та вирішення важливих соціальних і екологічних питань.

## Основна частина

Перспективними рішеннями в галузі запровадження ресурсозберігаючих технологій на підприємствах будівельної галузі є використання заповнювачами сировинних сумішей сировини отриманої в результаті переробки багатотоннажних відвалів твердих мінеральних продуктів діяльності промислових підприємств золи-виносу та екологічно небезпечних відходів хімічної промисловості [4-6]. Разом з тим досить відчутною є потреба у створенні нових технологій виробництва будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель, які б задовільняли широкому спектру їхніх експлуатаційних характеристик. Невпинні тенденції з накопичення брухту будівель і споруд внаслідок збройної агресії росії до України також потребують розробки нових інженерно-технологічних рішень з переробки і утилізації накопичених відвалів. Відомо, що близько 30 % об'єктів нерухомості різних форм власності зруйновано і масштаби таких руйнувань ще неостаточні. Актуальною в теперішніх умовах складного економічного стану для більшості галузей народного господарства є гостра проблема пов'язана з пошуком нових видів ресурсів для виготовлення будівельних сумішей необхідних для

потреб відновлення об'єктів комунального і житлового господарства. Одним з перспективних напрямків розв'язання цих проблем є розробка технологій рециклінгу залишків зруйнованих будівель і споруд з використанням їх як вторинних сировинних матеріалів у складі будівельних сумішей.

Виробничі потужності будівельної галузі через стрімке зростання вартості енергоносіїв потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів з метою зменшення питомої ваги ресурсів у вартості кінцевої продукції будівництва. 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 можливість отримання нових ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних виробів і сприятиме формуванню значних резервів по підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації.

Новостворені відвали залишків від розбирання зруйнованих будівель і споруд являють собою будівельний брукт, який складають в переважній більшості уламки бетону, залізобетону, керамзитобетону, цегляної кладки з включеннями металевої арматури. Дослідно-розрахунковими методами було проаналізовано і встановлено, що на 1 м<sup>3</sup> будівельного об'єму житлових об'єктів типових серій порівняно з переліченими відходами також утворюються незначні обсяги деревини, скла і органічних твердих відходів (Таблиця 1).

Таблиця 1. – Узагальнені обсяги витрат будівельних матеріалів для 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

Очевидно, що після розбирання завалів зруйнованих об'єктів нерухомості, на звільнених будівельних майданчиках у майбутньому буде плануватись будівництво нових сучасних будівель і споруд. Отже знову ж таки постане потреба в сировинних ресурсах для виготовлення будівельних

сумішей і разом з тим потреби з вирішення завдань утилізації будівельних відходів, отриманих у ході демонтажу елементів зруйнованих будівель і споруд.

Отримані результати проведених комплексних розрахунково-аналітичних досліджень техніко-економічних показників громадських будівель за існуючою інформацією наведеною в паспортах типових проектів об'єктів масових серій забудови 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 брукхт при руйнуванні) для будівель з цегляними стінами і 0,018 м<sup>3</sup> цегли відповідно для будівель із збірних конструкцій.

В процесі використанні технологій сортування будівельного брукхту і подрібнення та розподілу по фракціях приймається до уваги, що отримані суміші в процесі переробки будуть відокремлені від залишків металевого лому, пиломатеріали, рулонні матеріалів і пластику. Тобто використанні технологій рециклінгу дозволить отримати крупні, дрібнозернисті і дрібнодисперсні заповнювачі для виготовлення будівельних сумішей. З метою вивчення можливості використання отриманих нових різновидів сировинних матеріалів 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 розроблені рецептурно-технологічні параметри і співвідношення компонентів сировинних сумішей для бетону класу В15 (найбільш поширена в будівництві марка товарного бетону М200).

Таблиця 2. – Рекомендований склад 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	

З наведених в таблиці значень встановлено, що узагальнені потреби 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. Відомо з інформаційних джерел, що відпускна середня вартість 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші класу бетону В15 на заводі-виробнику складає 2300 грн/м<sup>3</sup>. Техніко-економічними розрахунками встановлено, що доля заповнювача у вартості суміші в середньому складає до 15%, отже для його використання у 100 м<sup>3</sup> бетону необхідно витратити близько 31 тис грн. Не менш важливим є той факт, що отримуємо також зменшення складової транспортних витрати на доставку традиційних видобувних мінеральних ресурсів від кар'єру до будівельного майданчика, які пропорційно залежать від відстані транспортування продукції.

З метою отримання конструкційно-теплоізоляційного матеріалу у якості легкого компонента суміші використовували традиційний полістирольних заповнювач. Для виготовлення компонентів будівельних сумішей з будівельного брукхту 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 – Фізико-механічні характеристики дослідних зразків

Серії зразків	В'язуче	Заповнювач	Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	Міцність при стисканні, кгс/см <sup>2</sup>
1	ПЦ І /500	Подрібнений бетон	1550	68
2	ПЦ І /500	Подрібнена цегляна кладка	1320	54
3	ПЦ І /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. 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.

#### Висновки

Розроблено і запропоновано нові раціональні технологічні рішення комплексного використання мінеральних заповнювачів будівельних сумішей, отриманих в результаті переробки залишків будівельного брухту. Отримані результати дослідження фізико-хімічних і фізико-механічних характеристик мінеральних заповнювачів з подрібненого бетону, цегляної кладки і керамзитобетону показали, що залишкова міцність при стисненні зразків бетону складає від 10 до 15 % від марочної. Запропоновано три варіанти рецептурно-технологічних параметрів науково-технічних рішень з реструктуризації сировинної бази компонентів будівельних сумішей для виготовлення штучних стінових виробів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи». Довідник. //Упорядники НДІпроектреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH и Instituts Wohnen und Umwelt. –2006. – 138 с.
2. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. / Схвалено Кабінетом Міністрів України // Розпорядження КМУ від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. – 72 с.
3. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (Директива європейського парламенту та Ради ЄС 2010/31/ЄС) / Офіційний вісник ЄС L 153/13 від 18.06.2010.
4. Сердюк В.Р. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, О. В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №1(13), С. 28-32.
5. Сердюк В.Р. Ніздрюватий бетон полі функціонального призначення / В. Р. Сердюк, О. В. Христич, П.В. Постовий // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №2(15), С. 18-22.
6. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

**Тарасюк Микола Вікторович** – студент групи 2Б-22м, Факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [tarasukkola206@gmail.com](mailto:tarasukkola206@gmail.com).

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

**Tarasiuk Mykola**, a student faculty building heating and gas supply, VNTU s. Vinnytsya. Email: [tarasukkola206@gmail.com](mailto:tarasukkola206@gmail.com)

**Khrystych Oleksandr**, associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnytsya national technical university, s. Vinnytsya. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua).