

О. В. Христинч  
Л. М. Несен

## ЗАПОВНЮВАЧІ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ПРОДУКТІВ РЕЦИКЛІНГУ ТВЕРДИХ НЕОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Вінницький національний технічний університет

*Приведено обґрунтування необхідності розробки і впровадження нових ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних сумішей з використанням заповнювачів отриманих в результаті комплексної переробки твердих неорганічних будівельних відходів. Проведено аналітичні дослідження технологій переробки техногенних відходів для отримання будівельних матеріалів. Викладено результати вивчення досвіду переробки будівельного брухту з підтвердженням доцільності того, що технології рециклінгу накопичених відвалів будівельного брухту на території де розміщувались зруйновані будівлі не вимагає будь-яких нових спеціалізованих заходів. Представлено прогнозовані об'єми будівельних матеріалів у складі об'єктів житлового будівництва з різними кількісними параметрами складових компонентів елементів огорожувальних конструкцій. 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. З використанням експериментальних проб будівельного брухту виготовлено дослідні серії зразків заповнювачів, визначено їхні гранулометричні характеристики і досліджено фізичні параметри. З використанням нормативно-технічної літератури складено прогнозовані рецептурні параметри бетонної суміші з використанням нового різновиду заповнювачів, отриманих шляхом повторної переробки будівельного брухту. Обґрунтовано наявність на поверхні отриманих заповнювачів реакційноздатних речовин і підтверджено наявність підвищених фізико-механічних характеристик зразків при зменшенні вмісту в'язучого. Запропоновано рецептурно-технологічні параметри виготовлення стінових будівельних матеріалів з використанням отриманих багатоконпонентних будівельних сумішей. Представлено результати випробувань фізико-механічних характеристик дослідних зразків бетону з використанням заповнювачів з твердих неорганічних відходів.*

**Ключові слова:** заповнювачі будівельних сумішей, будівельний брухт, будівельні суміші, технологія рециклінгу, ресурсозберігаюча технологія, тверді неорганічні відходи, будівельні матеріали

### Вступ

Впровадження ресурсозберігаючих технологій на підприємствах промисловості будівельних матеріалів і одночасно розв'язання важливих економічних і екологічних проблем пов'язаних з накопиченими в Україні відвалами будівельного брухту, як результатів російської агресії, є досить актуальними. Використання у складі будівельних сумішей заповнювачів як продуктів рециклінгу твердих неорганічних відходів є перспективним напрямком досліджень і забезпечить вирішення важливих проблем в народному господарстві держави. Розробка комплексного технологічного циклу рециклінгу відвалів будівельного брухту і створення в результаті нових ефективних будівельних матеріалів, поліпшення їх якісних і теплофізичних характеристик, та розширення номенклатури сприятиме розвитку багатьох галузей економіки України. В умовах енергодефіциту ресурсів для реалізації перспективних планів розвитку підприємств виробничої бази будівництва традиційні схеми ресурсозабезпечення знаходяться на стадії корінної переоцінки. Для вирішення планових потреб по зниженню собівартості продукції будівництва і скороченню витрат сировини, паливно-енергетичних і інших ресурсів, перспективним напрямом є впровадження технологій рециклінгу будівельного брухту.

Серед різновидів вторинних сировинних матеріалів в сучасних умовах є невпинне накопичення будівельного брухту. Внаслідок військової агресії російської федерації в Україні близько 30 % об'єктів нерухомості різних форм власності зруйновано і масштаби руйнувань ще неостаточні. Такі негативні тенденції постають причинами виникнення гострих проблем пов'язаних з вирішенням питань тимчасового зберігання, транспортування і переробки залишків зруйнованих будівель і споруд. Перспективними напрямками утилізації таких твердих відходів є використання їх як вторинних сировинних матеріалів у складі будівельних сумішей.

Метою досліджень є розробка перспективних напрямків використання подрібненого будівельного брухту як заповнювачів будівельних сумішей. Важливим завданням також є розширення асортименту компонентів сировинних сумішей для виготовлення будівельних матеріалів та виробів.

### Основна частина

Сучасні науково-технічні розробки технологій використання твердих неорганічних відходів як заповнювачів у складі будівельних сумішей впевнено доводять, що такі проекти дозволяють виявити значні резерви у ресурсозбереженні виробництва і сприяють зниженню собівартості кінцевої продукції. Відомі перспективні варіанти науково-технічних розробок, які передбачають комплекс

заходів з вирішення проблем по зниженню собівартості будівельних виробів, скороченню витрат видобувних сировинних ресурсів і отриманні значних показників по економії паливно-енергетичних ресурсів. Технологічні рішення з використання у складі будівельних сумішей заповнювачів, отриманих з вторинних продуктів промислових виробництв відповідають вимогам діючих нормативно-технічних документів і достатньо широко використовуються на підприємствах виробничої бази будівництва. Використання технологічно оброблених твердих неорганічних відходів як сировинних матеріалів у будівельних сумішах порівняно з традиційними ресурсами сприятимуть виявленню значних резервів для отримання нових матеріалів і забезпечать отримання позитивного економічного ефекту від зниження собівартості будівництва [1-4].

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 [3-7]. 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.

Подолання проблем по відновленню житлозабезпечення і інфраструктури населених пунктів в регіонах, які зазнали значних наслідків руйнівного впливу російської військової агресії в першу чергу зводиться до використання технологій переробки будівельного брухту з отриманням сировинних компонентів будівельних сумішей. Вирішення цих важливих екологічних, економічних і соціальних проблем зумовлених великими масштабами накопичення будівельного брухту є цілком можливим завдяки розробці і впровадженню технології рециклінгу твердих неорганічних відходів безпосередньо на будівельному майданчику.

На етапі дослідного вивчення перспективних напрямків використання заповнювачів з подрібненого будівельного брухту передбачалось отримання сировинних матеріалів для приготування будівельних сумішей. Подальші технологічні рішення з використання нового типу заповнювачів будуть передбачати виготовлення будівельних розчинів і бетонів, а також створення безпосередньо в умовах будівельного майданчику виробничих ліній з виготовлення виробів для виготовлення елементів конструкцій будівель.

Запровадження інноваційних технологій вторинного використання твердих неорганічних відходів в технологіях рециклінгу в умовах будівельного майданчика також є перспективними проектами для вирішення проблем по зниженню собівартості будівництва. За кордоном вже розроблена і успішно реалізується практика демонтажних робіт об'єктів основних фондів з повторним використанням отриманих матеріалів в технологічних процесах будівництва. Розробка ресурсозберігаючих технологій виготовлення стінових будівельних матеріалів з використанням нового типу заповнювачів є одним з пріоритетів розвитку підприємств виробничої бази будівництва.

Основна частина об'єктів житлового фонду України створювалась в періоди масових забудов 1960-1980 р.р. за часи масової індустріалізації економіки. Для таких будівель характерними є критерії експлуатаційної надійності і конструкційно-механічної стійкості, а отже і значної матеріаломісткості для забезпечення прогнозованих показників довговічності. Проблемам енергоефективності на той час не надавалось належної уваги. В результаті проведеними комплексних розрахунково-аналітичних досліджень кількісних і якісних характеристик складників елементів житлових будівель встановлено, що основними вторинними продуктами від можливого руйнування об'єктів «застарілої забудови» є тверді неорганічні матеріали. Для створення житлових об'єктів переважну більшість матеріалів, які використовуються для зведення 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. На рисунках 1-4 наведено основні результати усереднених показників кількісного складу матеріалів, які згідно проектних рішень використовувались для зведення житлових будівель.

Використання технологій механічного подрібнення відібраних проб будівельного брухту бетону і залізобетону дозволило отримати продукти, які за своїми фізичними властивостями відповідають традиційним мінеральним заповнювачам будівельних сумішей. Виготовлення дослідних проб заповнювачів виконували у лабораторних умовах, а їхні характеристики вивчали згідно стандартних методик відповідно з діючими нормативам 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”. В таблиці 1 наведено основні характеристики отриманих сировинних матеріалів.

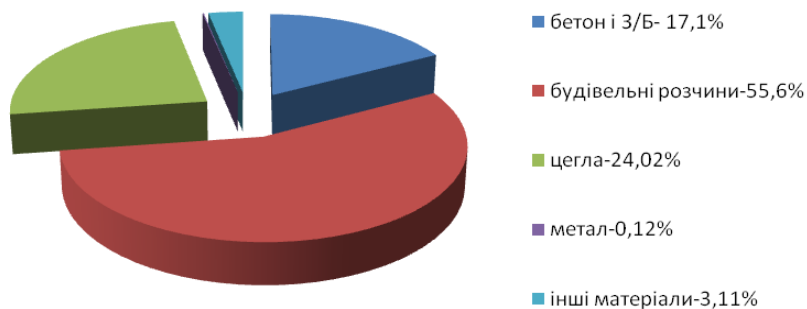


Рисунок 1 – Потреби будівельних матеріалів для проєкту «Блок-секція п’ятиповерхового житлового будинку на 15 квартир з несучими цегляними стінами». Паспорт типового проєкту №87-018/72/1.



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

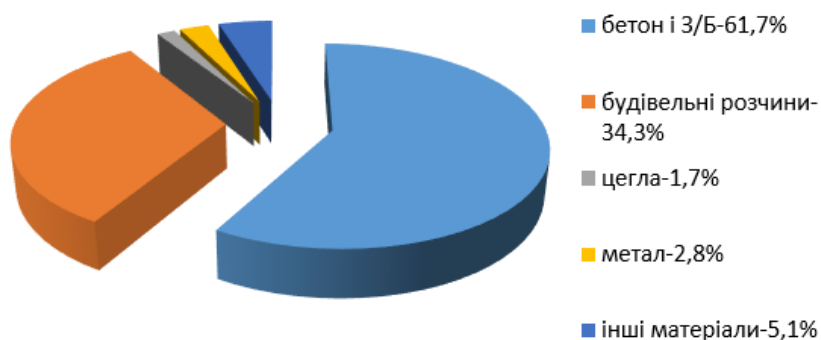


Рисунок 3 – Потреби будівельних матеріалів для проєкту «Блок-секція дев’ятиповерхового збірного крупнопанельного житлового будинку на 27 квартир». Паспорт типового проєкту №121-015С/1

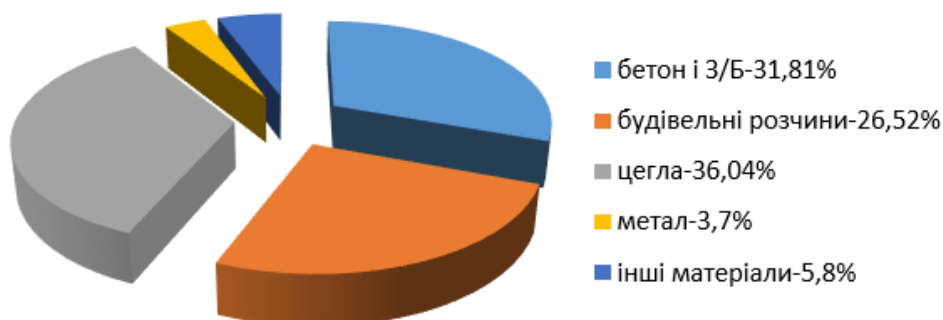


Рисунок 4 – Потреби будівельних матеріалів для проєкту «Блок-секція дев’ятиповерхового житлового будинку з цегляними стінами на 72 квартири». Паспорт типового проєкту №86-025/1.

Наведені в таблиці 1 характеристики крупного і дрібного заповнювачів відповідають нормованим показникам що встановлені для традиційних сировинних мінеральних компонентів будівельних сумішей отриманих з природних родовищ. Характерними особливостями для обох типів заповнювачів є вміст пилюватих частинок, які мають залишкову реакційну здатність непрогідратованих залишків

мінеральних в'язучих. Наявність на поверхні частинок заповнювачів таких пилюватих новоутворень позитивно відобразиться на структурних новоутвореннях матеріалів, виготовлених з використанням таких компонентів і на їхніх фізико-механічних характеристиках

Таблиця 1

**Характеристики заповнювачів для будівельних сумішей**

Вид заповнювача	Гранулометричні характеристики	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	Вологість %	Вміст пилюватих частинок, %	Вміст глинистих та мулинистих часток, %	Вміст зерен лещадної і голковидної форми, %
Крупний заповнювач	суміш фракцій від 5 до 40 мм	1680	4,2	0,48	0,0	4,3
Дрібний заповнювач	середнє значення модуля крупності 1.9	1740	3,8	1,14	0,0	-

Для вивчення перспективи запропонованих технологічних рішень, стосовно використання отриманих продуктів подрібнення будівельного брухту як заповнювачів будівельних сумішей, були виготовлені зразки бетону стандартних складів. В експериментальних дослідженнях 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**

Зразки серії	Дрібний заповнювач, кг	Крупний заповнювач, кг		Портландцемент, кг	Добавка-пластифікатор	Характеристики зразків	
		фракція 5-10 мм	фракція 10-20 мм			середня густина, кг/м <sup>3</sup>	міцність на стиск, кгс/см <sup>2</sup>
А	640	450	820	310	Sika Mix	2310	284
Б	670	450	820	290		2300	243
В	700	450	820	260		2288	226

Наведені в таблиці 2 результати експериментальних досліджень підтверджують можливість використання штучних заповнювачів, отриманих з подрібнених твердих неорганічних матеріалів у складі сумішей для виготовлення бетонів. Запропоновані технологічні рішення використання нового різновиду заповнювачів в будівельних сумішах можуть трансформуватись в існуючих умовах виробничих процесів на підприємствах виробничої бази будівництва. Наявність на поверхні заповнювачів залишків непрогідратованих в'язучих дозволяє скоротити витрати портландцементу при отриманні задовільних показників стійкості до механічних навантажень. Отримані результати досліджень зразків-моделей бетону виготовленого відповідно до запропонованої технології комплексного використання твердих будівельних відходів підтверджують можливість отримання з таких сумішей будівельних виробів. Регулювання рецептурних параметрів суміші дозволить забезпечувати виготовлення будівельних виробів з прогнозованими фізико-механічними характеристиками. Такі сировинні матеріали, порівняно з традиційними ресурсами сприятимуть виявленню значних резервів для підйому виробництва нових будівельних матеріалів і сприятимуть зниженню собівартості будівництва.

**Висновки**

Отримані штучні заповнювачі, як продукти технологічних циклів переробки будівельного брухту, доцільно використовувати компонентами будівельних сумішей як альтернативу традиційним природнім матеріалам. Розробка нових ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних матеріалів пов'язаних з повторним використанням у якості заповнювачів сировинних сумішей твердих

неорганічних будівельних відходів є одним з пріоритетів розвитку підприємств виробничої бази будівництва. Повторне використання (рециклінг) попередньо подрібнених мас будівельного брухту в перспективі буде невід'ємною вимогою при здійсненні демонтажних робіт для будь-яких будівельних об'єктів. Запропоновані технологічні рішення паралельно з розв'язанням проблем енергоощадності будівництва також сприятимуть вирішенню соціально-екологічних задач пов'язаних з захистом навколишнього середовища і збереженням національних багатств (природні ресурси).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христин, 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. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
3. Сердюк В. Р. Золотцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // 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 теплодернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христин, 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., Христин О. В. // Будівельні матеріали, виробы 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., Стаднійчук 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. Фосфогіпсозолотцементні та металофосфатні в'язучі з використанням відходів виробництва [Текст] / М. С. Лемешев, О. В. Христин, 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. Resursozberihayucha tekhnolohiya vyrobnytstva budivel'nykh materialiv z vykorystanniam tekhnohennykh vidkhodiv / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, S. YU Zuzyak // Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstrukttsiyi u budivnytvstvi. – 2018. – № 1. – S. 18-23.
2. Koval's'kyu V. P. Obgruntuvannya dotsil'nosti vykorystannya zoloshlamovoho v'yazhuchoho dlya pryhotuvannya sukhykh budivel'nykh sumishey / V. P. Koval's'kyu, V. P. Ocheretnyy, M. S. Lemeshev, A. V. Bondar. // Resursoekonomni materialy, konstrukttsiyi, budivli ta sporudy. – Rivne: Vydavnytstvo NUVHiP, 2013. – Vypusk 26. – S. 186-193.
3. Serdyuk V. R. Zolotsementne v'yazhuche dlya vyhotovlennya nizdryuvatykh betoniv / V. R. Serdyuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnolohiyi materialy i konstrukttsiyi v budivnytvstvi. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. – Vinnytsya: UNIVERSUM-Vinnytsya. – 2011. – №1(10). – S. 57-61.
4. Lemeshev M. S. Ekolohichno efektyvni budivel'ni materialy dlya teplomodernizatsiyi budivel' / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, K. K. Lemishko // Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstrukttsiyi v budivnytvstvi. – 2019. – № 2. – S. 52-61.
5. Serdyuk V. R. Kompleksne v'yazhuche z vykorystanniam mineral'nykh dobavok ta vidkhodiv vyrobnytstva / Serdyuk V. R., Lemeshev M. S., Khrystych O. V. // Budivel'ni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. – 2009. – Vyp. 33. – S. 57– 62.
6. Lemishko K. K. Vykorystannya promyslovykh vidkhodiv enerhetychnoyi ta khimichnoyi haluzi v tekhnolohiyi vyhotovlennya budivel'nykh vyrobiv / Lemishko K. K., Stadniychuk M. YU., Lemeshev M. S. // Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Enerhiya. Biznes. Komfort", 26 hrudnya 2018 r. – Odesa : ONAKHT, 2019. – S. 23-25.
7. Berezyuk O. V. Fosfohipszolotsementni ta metalofosfatni v'yazhuchi z vykorystanniam vidkhodiv vyrobnytstva [Tekst] / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych, O. V. Berezyuk // Suchasni ekolohichno bezpechni ta enerhozberihayuchi tekhnolohiyi v pryrodokorystuvanni : Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya molodykh vchenykh i studentiv. – Kyiv : KNUBA, 2011. – CH. 1. - S. 125-128.

**Христин 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.

**Несен Леонід Миколайович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, маркетингу та економіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

O. Khrystych  
L. Nesen

## FILLERS FOR CONSTRUCTION MIXTURES FROM RECYCLING PRODUCTS OF SOLID INORGANIC WASTE

Vinnitsa National Technical University

*The substantiation of the need to develop and implement new resource-saving technologies for the production of construction mixtures using aggregates obtained as a result of complex processing of solid inorganic construction waste is provided. Analytical studies of technogenic waste processing technologies for obtaining building materials have been conducted. The results of the study of the experience of construction scrap processing are presented, with confirmation of the expediency of the fact that the technology of recycling accumulated construction scrap dumps in the territory where the destroyed buildings were located does not require any new specialized measures. The projected volumes of building materials in the composition of residential construction objects with various quantitative parameters of the constituent components of the elements of the fencing structures are presented. 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. Experimental series of aggregate samples were made using experimental samples of construction scrap, their granulometric characteristics were determined and physical parameters were investigated. With the use of regulatory and technical literature, the predicted prescription parameters of the concrete mixture using a new variety of aggregates obtained by re-processing of construction scrap were compiled. The presence of reactive substances on the surface of the obtained aggregates was substantiated and the presence of increased physical and mechanical characteristics of the samples with a decrease in the binder content was confirmed. Recipe and technological parameters for the production of wall building materials using the obtained multicomponent building mixtures are proposed. The results of tests of physical and mechanical characteristics of test samples of concrete using aggregates from solid inorganic waste are presented.*

**Key words:** aggregates of construction mixtures, construction scrap, construction mixtures, recycling technology, resource-saving technology, solid inorganic waste, construction materials

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

**Nesen Leonid** - associate professor, associate professor of department of Management, Marketing and Economics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.