

УДК 691-405.8

АКТУАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ В БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

UPDATE OF THE DEVELOPMENT TECHNOLOGICAL PROCESS BY USING TECHNOLOGICAL WASTE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Ломовацький С.І. ст. групи БАД-112м ORCID: 0009-0006-3821-2801, Назаренко О.М. к.т.н., доц., ORCID: 0000-0003-3738-1129, Березовська А.О., асп., ORCID: 0009-0004-5503-5283, Іщенко О.С. ст. викл., ORCID: 0000-0002-0548-6081, Кулік М.В., к.т.н., доц. ORCID: 0000-0002-4880-5217, (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя), Сторчай Н.С., д.т.н, доц, ORCID: 0000-0002-6600-4632 (Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро).

Lomovatsky S.I. st. group BAD-112m ORCID: 0009-0006-3821-2801, Nazarenko O.M. Ph.D., Assoc. ORCID: 0000-0003-3738-1129, Berezovska A.O., Asst., ORCID: 0009-0004-5503-5283, Ishchenko O.S. senior lect., ORCID: 0000-0002-0548-6081, Kulik M.V., Ph.D., Assoc. ORCID: 0000-0002-4880-5217, (Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia); N.S. Storchai, Ph.D., Associate Professor ORCID: 0000 -0002-6600-4632, (Dnipro State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro) .

Завдання відновлення міст та житлового фонду вимагає по новому подивитися на планування нових кварталів будівництва та реконструкцію старого житлового фонду. Виникає потреба розробки нових матеріалів, з новими теплотехнічними можливостями. Вимоги промислового міста будувати промислові та житлові квартали потребує достатню кількість будівельних матеріалів. Проектування нових заводів та районних комплексів по виробництву штучних матеріалів примушує створювати компактні проекти з максимальною концентрацією інженерних комунікацій. Наявність певної кількості промислових відходів може технічно покращити технологічний процес виробництва з сировинним матеріальним балансом.. Розуміння собівартості технологічного продукту для покращення фізико хімічних властивостей будівельних матеріалів. Додавання літологічно корисного та хімічного цінного елементів мікрокремнезему та каоліну може істотно сбалансувати хімічну формулу матеріалу. Залучення регіональних експертів для оцінки теплотехнічних розрахунків громадських будівель та підприємств

допомагає покращувати хімічну формулу кінцевого будівельного продукту. Покроковий аналіз шляхів енергозбереження та подальших рекомендацій дозволяє обирати кращі теплотехнічні рішення. Фактор оптимізації є окупність будівельних проектів. Ці сучасні рішення дозволяють технічно окреслити майбутні об'єкти для термомодернізації та зниження експлуатаційних витрат будівель, кварталів, районів, міст.

The task of revitalizing cities and the housing stock requires a new look at the planning of new construction blocks and the reconstruction of the old housing stock. There is a need to develop new materials with new thermal engineering capabilities. The requirements of an industrial city to build industrial and housing quarters requires a sufficient amount of construction materials. The design of new factories and district complexes for the production of artificial materials forces the creation of compact projects with the maximum concentration of engineering communications. The presence of a certain amount of industrial waste can technically improve the technological process of production with a raw material balance. Economically, it is necessary to estimate the cost of processing technology or replacing it. From this point of view, it is necessary to strategically assess the amount of waste and its chemical composition, check the usefulness of materials or conduct scientific research to determine the degree of their use. The calculation of production overheads allows you to assess the scale of processing of the technological process. In the case of the use of waste from local technology parks, there is an opportunity to reduce the logistics costs of production. Understanding the cost of a technological product to improve the physical and chemical properties of building materials. The addition of lithologically useful and chemically valuable elements of microsilica and kaolin can significantly balance the chemical formula of the material. Involvement of regional experts to evaluate thermal engineering calculations of public buildings and enterprises helps to improve the chemical formula of the final building product. A step-by-step analysis of ways to save energy and further recommendations allows you to choose the best heating solutions. The optimization factor is the payback of construction projects. These modern solutions make it possible to technically outline future objects for thermomodernization and reduction of operating costs of buildings, quarters, districts, and cities.

Ключові слова: формування матеріалу, випробування, термомодернізація будівлі, мікрокремнезем, вспучення, методологія, конструкції, розрахунок, інвестиції, рентабельність.

material formation, testing, thermal modernization of the building, microsilica, swelling, methodology, structures, calculation, investment, profitability

Вступ. Вирішення виробничих завдань має будуватися на основі використання екологічно чистих мало енергоємних технологій, що виключають сушіння сировинних компонентів та випал виробів із супутнім викидами газових сумішей та використання місцевих сировинних природних матеріалів. У цьому зв'язку використання техногенних відходів, таких як золи, шлаки, мінеральний пил газоочистки, та дешевих місцевих сировинних матеріалів, створення на основі нових теплих будівельних матеріалів та технологічного процесу з виробництва є пріоритетним .

Близько 45% всіх експлуатованих родовищ промисловості нерудних будівельних матеріалів припадає на частку карбонатних порід. Досвід європейських країн свідчить, що вапнякові породи, зокрема, дрібнозернисті відходи дроблення вапняків, широко використовуються в різних галузях промисловості. При видобутку карбонатних порід приблизно 30-35% утворюється карбонатний відсів. Новий спосіб дозволив не тільки принципово змінити технологію синтезу бетонного каменю, виключити опалубку, але й гранично скоротити час придбання ними водостійкості, максимально механізувати та автоматизувати виробництво. Композиційне в'язуче на основі мелених шлаків та карбонатних порід, здатне утворювати тверді структури за рахунок їх активації, дозволяє здешевити виробництво будівельних матеріалів: стінових блоків, цегли , облицювальних плиток. Виняток з технологічної схеми деяких енергоємних та екологічно забруднених процесів, розробка місцевих сировинних баз призводить до економії сировини, паливних ресурсів, електроенергії та збереження чистоти навколишнього середовища. Технології, запропоновані в роботі, не вимагають значної реконструкції підприємств цегляного виробництва та можуть бути впроваджено у регіональному масштабі.

Аналіз останніх досліджень. Питання забезпечення матеріалами будівельні площадки на регіональному рівні є стратегічним напрямом розвитку будівельної галузі в Україні та економіки в цілому. У зв'язку з необхідністю економії енергії та зниженням логістичних витрат в регіоні, пішли шляхом розробки спеціальних директив, призначених для стандартизації в країнах-членах ЄС будівельних нормативів з підвищення енергоефективності будівель [5].

Дослідження, які проводили вчені А.П.Приходько, Н.В.Шпирько, Ю.Н.Вечер, О.А.Зорина, А.П.Погостнов, Л.С.Савін, А.А.Салей, Ю.Л.Савін, Л.І.Дворкін, О.В.Безусяк, О.М.Бордюженко показали, що можливості виробництва розвиваються, та поширюються по регіонам.

Вихідними матеріалами для виготовлення карбонатношлакової цегли та декоративної облицювальної плитки є: гранульований і мелений металфізичний шлак, відсів карбонатної породи (вапняку), лужні активізатори

, поверхнево-активні речовини, тонкодисперсні наповнювачі (глина, зола, шлак), дрібнозернисті заповнювачі (кварцовий та керамзитовий пісок, відходи каменедроблення) та декоративний зернистий наповнювач.

Залежно від виду шлаку і стану відсівів, що застосовуються (розмір, вологість) в технологічній схемі прийнято кілька варіантів підготовки вихідної сировини, відповідно до яких підбирається і перелік необхідного обладнання.

З метою кращого розподілу компонентів у шихті та покращення властивостей готових виробів карбонатношлакова суміш піддається обробці на млинах, а потім надходить на прес напівсухого пресування. Питомий тиск пресування має знаходитися в межах 15+20 МПа, для цегли та блоків – 30+40 МПа. Відпресовані вироби укладаються на стелажі вагонетки автоматом-укладачем і витримуються при температурі 15+20°C або піддаються тепловій обробці в вологому середовищі при температурі 40+60°C.

На підставі лабораторних досліджень на виробничій базі підприємства, здійснено випуск та випробування 4-х дослідних партій безвипалової цегли.

Як вихідні компоненти для приготування сировинних сумішей використовували тонкомолотий металургійний шлак ПАТ Запоріжсталь, мелені відсіві карбонатної породи Ташенакського кар'єру, кварцовий пісок місцевого кар'єру, комплексну лужну добавку. Попередньо змішані компоненти спочатку оброблялися на вальцях тонкого помелу, а потім надходили в приймальний бункер преса. Виготовлення цегли проводилося методом напівсухого пресування на заводському пресі марки СМ-1200 при питомому тиску 20 МПа. Отриманий сирець мав необхідну міцність для його укладання автоматично на поличкові вагонетки. Після виготовлення частина цегли зберігалася у нормально вологих умовах протягом 28 діб, інша частина була піддана ТВО за режимом 2+6+2 год при температурі ізотермії 50°C. Зберігання, тепловологісна обробка та випробування виробів проводились у виробничій лабораторії. В результаті проведених виробничих випробувань було встановлено, що міцність карбонатно-пісчаної цегли при витраті вяжучого ЩІ; витрати та піску у співвідношенні 1/1 по масі через 28 діб нормального твердіння відповідає марки М200, через 120 діб марки 250.

Витрата палива при використанні окремих видів відходів знижується на 10-40 %, а питомі капіталовкладення – на 30-45%. Основними компонентами карбонатношлакового вяжучого та виробів на його основі (цегли, блоків та плитки облицювальної) є металургійні шлаки, відходи видобутку карбонатного щебеню, луговмісні відходи чи товарні лужні компоненти.

Для використання в карбонатношлакових системах лужних компонентів промисловість має такі технічні продукти: їдкий натр, їдкий калій, сода кальцінована синтетична, поташ.

Крім того можливе використання лужних відходів хімічного виробництва. З побічних продуктів до використання у шлакокарбонатних

в'яжучих можна рекомендувати: розплав соди кальцинованої – побічний продукт капролактамового виробництва, соду кальциновану технічну з нефелінової сировини – побічний продукт виробництва глинозему.

На території Запорізької області карбонатні породи зустрічаються у вигляді вапняку, крейди, мергелю. Протягом багатьох років на території Пологівського району вироблявся видобуток сировини з метою його використання в дорожньому будівництві, у виробництві щебеню, як заповнювач низькомарочних бетонів. Внаслідок процесів видобутку сировини за багаторічний період накопичилося близько 3 млн. м³ дрібнозернистих та пиловатих відходів дроблення вапняків, які можна ефективно використовувати при виробництві шлакокарбонатних в'яжучих виробів. Вартість таких відходів становить 22 грн за тонну.

Наведені витрати є сумою собівартості та нормативних відрхувань від капітальних вкладень у виробничі фонди:

$$Z_i = C_i + E_i + K_i$$

де Z_1 - наведені витрати за 1-м варіантом техніки на одиницю продукції, грн.;

C_1 - собівартість одиниці продукції за 1 - му варіанту техніки, грн;

E_1 - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_1 - питомі капітальні вкладення у виробничі фонди на одиницю продукції 1 - го варіанту техніки, грн;

Техніко-економічні переваги карбонатношлакопідшаної цегли визначаються насамперед економічністю карбонатношлакового в'яжучого. Виробництво карбонатношлакової цегли до стадії теплової обробки, зводиться до технологічних операцій, характерних для силікатної та звичайної керамічної цегли. Це дає підставу визначати економічний ефект від виробництва карбонатношлакової цегли по зміни вартості тільки в частині витрат на сировину, матеріали та теплову енергію у зазначених виробництвах за формулою:

$$E_k = C \times A$$

де E_k - очікуваний економічний ефект на одиницю виробництва, наприклад, на 1000 шт. цегли;

C — зниження собівартості при порівнянні виробництва карбонатношлакової цегли з силікатною;

A – обсяг випуску продукції – 1000 шт. цегли.

Об'єктивними критеріями оцінки довговічності подібних будівельних матеріалів та конструкцій є їх поведінка в реальних умовах при тривалій експлуатації, міцність структури та властивостей матеріалів, кількість та розміри дефектів та пошкоджень, що дозволяють проаналізувати причини їх

виникнення та врахувати при розробці та виробництві аналогічних матеріалів. Шляхами підвищення довговічності карбонатношлакових композицій є: правильний вибір марки матеріалу за його призначенням та створення щільної та однорідної структури. Більш щільної структури можна досягти шляхом введення в автономну карбонатношлакову композицію пластифікатора. Вплив пластифікатора С- 3 на фізико-механічні властивості буде додатково розглянуто. Не важливо розглядати вплив пластифікатора на деформативні властивості карбонатношлакових композицій, на величину власних напруг надає модуль пружності матеріалу.

Мірою пружних властивостей бетонів є статичний модуль пружності (ЕБ). Застосована в роботі методика визначення статичного модуля пружності викладено у додаковому розділі. Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона карбонатношлакового композиційного матеріалу всіх складів обчислювали при рівні навантаження 30% від руйнівного. Значення статичного модуля карбонатношлакового в'язучого залежить від багатьох чинників, зокрема: від виду активізатора твердіння; від ступеня наповнення шлакової матриці дрібнодисперсним наповнювачем - тонкомолотим вапняком; від виду ущільнення суміші, введення добавки – пластифікатора. Вплив активізатора твердіння (їдкий натр, сода технічна, содо -поташна суміш на зміну статичного

Таблиця 1

Характеристика складів, міцнісних та пружнопластичні показники карбонатношлакових композицій с пластифікатором

№ п/п	Склади композицій співвідношення компонентів в мас %						Міцнісні та пружно пластичні характеристики, МПа		Щільність, г/см ³
	шлак	вапно	луг	вода	С3	пісок	R ku	Rприз	
Пресування під тиском 15 МПа									
1	23,4/28,4	73,6/87,2	1,8/1,74	10,2/32,2	-	-	13,8	15,2	1,87
2	48,7/58	33,2/42,2	2,8/2,1	10,4/11,7	-	-	26,8	16,3	1,95
3	11,25/24,32	31,5/68	1,28/2,47	10,8/14,3	-	41,22/98	10,6	7,1	2,2
Пресування с С3 під тиском 15 МПа									
4	84,2/98	-	1,98/2,1	7,6/8	6,2/1,0	-	32,3	15,4	1,78
5	54,3/62,0	34,2/38,4	2,1/1,98	7,9/9,8	0,8/0,9	-	38,7	15,4	1,91
6	21,8/24,3	62,3/71,5	2,192/2,1	8,75/9,8	0,83/0,9	-	13,8	12,5	1,87
Вібропресування під тиском 0,1 МПа									
7	81,6/98	-	2,2/2,6	13,8/17,2	0,78/0,98	-	10,1	10,8	1,78
8	52,6/68,2	31,5/38,8	1,98/1,75	11,4/17,8	0,7/0,98	-	16,5	15,4	1,87
9	19,8/34,2	61,8/72,5	2,19/2,1	11,4/15,6	0,74/1,98	-	9,74	7,8	1,72

модуля пружності ППЦП було розглянуто у роботі [3]. Застосування кальцинованої соди підвищує деформативність і зменшує модуль пружності. Для визначення впливу інших вище перерахованих факторів проведено такі експерименти: були виготовлені зразки – балочки розміром 4x4x16 см. із сумішей на основі сухомолотого шлаку Каменського (Спит = 300+320 м³/кг), тонкомолотого вапняку Жовтоводського кар'єру (Спит = 600 м³/кг), як активізатор твердіння використовувався їдкий натрію кількості 2,5% від маси композиційного в'язучого. Для проведення порівняльного аналізу було приготовлено 9 складів карбонатношлакового в'язучого та дрібнозернистих композицій Два склади на в'язучому та один на дрібнозернистій суміші відпресовані при тиску 15 МПа; три з'їстували при В/В = 0,1 з добавкою суперпластифікатора С-3 були виготовлені методом силового пресування тиску 15,0 МПа; три склади з введенням пластифікатора С-3 при В/В - відношенні 0,6 були заформовані мета вібропресування при тиску вантаження – 8 кПа. Зразки – балочки всіх складів після 28 діб зберігання у нормально-влагноствних умовах були випробувані з визначенням призмінної міцності, статичного модуля та коефіцієнта Пуассона. Склади та отримані технічні характеристики наведені в таблиці 1.

При витраті 1200 кг меленого шлаку, 800 кг відходів подрібнення вапняку, 2000 кг кварцового піску, 40 кг лужний активізатор на 1000 шт карбонатношлакової цеглини вартість сировинних матеріалів складе 104,8 грн. Порівняльні собівартості 1000 шт. силікатної та карбонатношлакової цегли наведено в таблиці 2. Зниження собівартості при порівнянні виробництва силікатної, керамічної цегли, відповідно, становитиме:

$$Зш = (684,71 - 292,99) = 391,72 \text{ грн.}$$

При продуктивності проектного заводу 10 млн. шт. цегли на рік очікуваний економічний ефект може становити від 931 ... 3300 тис грн.

Таблиця 2

Порівняльні характеристики собівартості 10000 шт цегли

№ п/п	Перелік витрат	Вид цегли	
		Силікатна	Карбонатно шлакова
1	Сировина та матеріали	275,7	104,79
2	Паливо для обпалу, сушки та пар автоклавний	129,59	20,66
3	Енерговитрати	34,36	18,56
4	Заробітна плата	44,67	24,13
5	Соціальні витрати	17,22	9,29
6	Цехові витрати	113,77	98,94
7	Собівартість	684,71	292,99

Якщо виробництво карбонатношлакової цегли максимально наблизити до джерел сировини, то економічний ефект буде значно вищим. Отже, собівартість 1000 шт карбонатношлакової цегли в 1,26 рази дешевші за силікатну і в 2,10 рази дешевшу від обпальної керамічної. З наведених даних можна зробити висновок про те, що карбонатношлакове в'язуче і вироби на його основі мають достатню сировинну базу і мають значні техніко-економічні переваги. вами перед іншими видами будівельних матеріалів.

Висновки. 1. Досліджено фізико-механічні властивості карбонатношлакових композицій: щільність, міцність, водопоглинання, характер пористості, коефіцієнт теплопровідності, усадка. Визначено області раціонального застосування матеріалів для виробництва цегли для внутрішніх, несучих шарів зовнішніх стін та облицювальної плитки.

2. Зроблено оцінку довговічності матеріалу за морозостійкістю, тріщиностійкістю, за критеріями міцнісних та пружнопластичних властивостей щодо зміни динамічного модуля пружності та коефіцієнта внутрішнього тертя, показників міцності в процесі попереминого зволоження висушування.

3 Еколого-економічна ефективність при виробництві розроблених матеріалів здійснюється за рахунок: виключення процесів сушіння сировинних матеріалів та виробів; виключення процесу випалу виробів; зниження тиску пресування за рахунок застосування пластифікаторів; ліквідації вузлів пило - та газоочищення.

1. Алексеенко А.Е., Мурашко Л.Д., Николаенко В.Г. Влияние режима тепловлажностной обработки на свойства шлакощелочного мелкозернистого бетона. // Строительные материалы и конструкции. – Строительные материалы. - 1989.- No9.- с.27-28. Киев : Будівельник, 1987. -No2-с.33.

Alekseenko A.E., Murashko L.D., Nikolaenko V.H. Vliyanye rezhyma teplovlazhnostnoy obrabotky na svoystva shlakoshchelochnoho melkozernystoho betona. // Stroytelnye materyaly y konstruksyy. – Stroytelnye materyaly. - 1989.- No9.- s.27-28. Kyev : Budivelnik, 1987. -No2-s.ZZ.

2. Арбузова Т.В., Сухов В.Ю. Безавтоклавные стеновые материалы на основе местного сырья.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов 1-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1994.- с. 23-25.

Arbuzova T.V., Sukhov V.Iu. Bezavtoklavnye stenovyye materyaly na osnove mestnoho syrya.// Voprosy planirovki y zastryki horodov: Tezysy dokladov 1-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1994.- s. 23-25.

3. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. - 1988. - No3. - с.14-16.

Babkov V.V., Polak A.F., Komokhov P.H. Aspekty dolhovechnosty tsementnoho kamnia // Tsement. - 1988. - No3. - s.14-16

4. Баженов Ю.М. Бетоны XX I века / Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: Материалы международной конференции - Белгород, 1995. - с.3-5.

Bazhenov Yu.M. Betoны XX I veka / Resurso- y enerhosberehaiushchye tekhnolohyy stroytelnykh materyalov, yzdeleyi y konstruksyi: Materyaly mezhdunarodnoi konferentsyy - Belhorod, 1995. - s.3-5.

5. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов: перевод с англ. - М.: Мир, 1985. - 424с.

Barrer R. Hydrotermalnaia khymiya tseolytov: perevod s anhl. - M.: Myr, 1985. -424s.

6. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементом. - М.: Автотрансиздат. - 1956.- 124с.

Bezruk V.M. Teoretycheskiye osnovy ukrepleniya hruntov tsementamy. - M.: Avtotransyzdat. - 1956.- 124s.

7. Береговой А.М. , Викторова О.Л., Береговой В.А. // Материалы XXI Научно-технической конференции: Пенза,1997.- часть I, с.54-55.

Berehovoі A.M. , Vyktorova O.L., Berehovoі V.A. // Materyaly XXI Nauchno-tekhnicheskoi konferentsyy: Penza,1997.- chast I, s.54-55.

8. Береговой А.М. , Калашников В.И., Викторова О.Л. Ограждающие конструкции из бетонов для энергоэффективных зданий.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов П-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1995.-е. 105-107.

Berehovoі A.M. , Kalashnykov V.Y., Vyktorova O.L. Ohrazhdaiushchye konstruksyy yz betonov dlia enerhoeffektivnykh zdanyi.// Voprosy planirovky y zastroiky horodov: Tezysy dokladov P-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1995.-e. 105-107.

9. Бобрышев А.Н. Природа оптимального наполнения композитов. // Утилизация отходов в производстве строительных материалов: Тез. докл. -Пенза.: ПДНТП. 1992. - с.89-92.

Bobryshev A.N. Pryroda optymalnoho napolneniia kompozytov. // Utylyzatsyia otkhodov v proyzvodstve stroytelnykh materyalov: Tez. dokl. -Penza.: PDNTP. 1992. - s.89-92.

10.Трошин С.В.// До питання методології формування гнучкого будівельного матеріалу // С.В.Трошин, О.М. Назаренко, А.О.Березовська, О.Л. Іщенко, .В.Якімцов. НУВГП, Рівне, 2023, 43 вип. С.42-55.

Troshyn Ye.V.// Do pytannia metodolohii formuvannia hnuchkoho budivelnogo materialu // Ye.V.Troshyn, O.M. Nazarenko, A.O.Berezovska, O.L. Ishchenko, .V.Iakimtsov. NUVHP, Rivne, 2023, 43 vyp. S.42-55.