

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ МОДИФІКОВАНИХ ВІДХОДАМИ ТЕС

**Павлюк В.В.**, к.т.н., доцент,

**Старостіна Г.В.**, аспірант

*Київський національний університет будівництва і архітектури*  
1405anstar@gmail.com

**Анотація.** Все більш загострюються існуючі на сьогодні проблеми раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів та максимальної утилізації відходів теплоелектростанцій (ТЕС). Пов'язано це з надмірним використанням природних ресурсів і недостатньою кількістю утилізації відходів енергетичної галузі. У статті розглянуті проблеми енерго- і ресурсозбереження при виготовленні будівельних матеріалів, а саме сухих будівельних сумішей модифікованих відходами ТЕС з частковою заміною в'язучої складової і природнього заповнювача. Досліджено фізико-хімічні властивості і економічна доцільність використання розроблених матеріалів. Запропоновані рецептури за показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-126:2011. При використанні даних складів сухих будівельних сумішей модифікованих відходами ТЕС знижується вартість сировинних матеріалів на 12,7...41,9%. Комплексно вирішується питання утилізації золошлакових відходів і збереження природних ресурсів.

**Ключові слова:** золошлак, відходи ТЕС, енергоефективність, ресурсоефективність, сухі будівельні суміші модифіковані, економічна доцільність.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОТХОДАМИ ТЭС

**Павлюк В.В.**, к.т.н., доцент,

**Старостіна А.В.**, аспірант

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*  
1405anstar@gmail.com

**Аннотация.** Все более обостряются существующие на сегодня проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов и максимальной утилизации отходов теплоэлектростанций (ТЭС). Связано это с чрезмерным использованием природных ресурсов и недостаточным количеством утилизации отходов энергетической отрасли. В статье рассмотрены проблемы энерго- и ресурсосбережения при изготовлении строительных материалов, а именно сухих строительных смесей модифицированных отходами ТЭС с частичной заменой вяжущей составляющей и природного заполнителя. Исследованы физико-химические свойства и экономическая целесообразность использования разработанных материалов. Предложенные рецептуры по показателям соответствуют требованиям ДСТУ Б В.2.7-126:2011. При использовании предлагаемых составов сухих строительных смесей модифицированных отходами ТЭС снижается стоимость сырьевых материалов на 12,7...41,9%. Комплексно решается вопрос утилизации золошлаковых отходов и сохранения природных ресурсов.

**Ключевые слова:** золошлак, отходы ТЭС, энергоэффективность, ресурсоэффективность, смеси строительные сухие модифицированные, экономическая целесообразность.

## INVESTIGATION OF DRY BUILDING MIXES MODIFIED BY TPP WASTE

**Pavlyuk V.V.**, Ph.D., Assistant Professor,  
**Starostina A.V.**, post-graduate student

*Kyiv National University of Construction and Architecture*  
1405anstar@gmail.com

**Abstract.** Problems of the rational use of fuel energy resources and the maximum utilization of TPP waste are further exacerbated. This is due to the excessive use of natural resources and an insufficient number of energy industry waste salvaging. The article deals with the problems of energy and resource conservation in the manufacture of building materials, namely, dry building mixes modified by TPP waste with partial replacement of the binder component and natural aggregate. Proposed recipes on indicators correspond to normative requirements. The developed compositions can cut the cost of raw materials to 12,7... 41,9%, and reduce the area of ash dumps.

**Keywords:** ashes, TPP waste, energy efficiency, resource efficiency, building dry modified mixes, economic feasibility.

**Вступ.** Майже всі золошлаковідвали українських теплоелектростанцій (ТЕС) вже заповнені на 100% і немає можливості їх розширювати, через те, що потрібні нові території. Тому питання утилізації відходів виробництва в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку з ростом цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів. В наш час відходи теплової енергетики, як правило, транспортують і складують у відвали, на спорудження яких затрачаються значні кошти, золошлакосховища ТЕС займають цінні родючі землі при одночасному забрудненні навколишнього середовища. На сьогодні в країні немає комплексної переробки золошлакових відходів. Наукові дослідження показали, що золи і шлаки від спалювання твердих видів палива є матеріалами, придатними для застосування в багатьох галузях народного господарства, наприклад, в будівельній індустрії золошлакові суміші і золи сухого видалення – як сировину для цементів і безклінкерних в'язучих, бетонів, заповнювачів, силікатних, керамічних, теплоізоляційних та інших матеріалів. Але потенціал шлакових відходів набагато більший, це зумовлено наявністю великої кількості цінних компонентів, що містять шлаки ТЕС (ванадій, галій, залізо, кремній та ін.). Такий підхід дозволяє покращувати стан навколишнього середовища шляхом утилізації великотоннажних промислових відходів, знизити рівень шкідливих викидів в атмосферу шляхом зменшення кількості або уникнення високотемпературних технологічних процесів, зберігати корисні копалини та отримувати матеріали з унікальними експлуатаційними властивостями [1-9].

**Метою** дослідження є розробка сухих будівельних сумішей модифікованих для закріплення матеріалів з максимальним вмістом у складі відходів паливно-енергетичної промисловості на заміну природних заповнювачів, та дослідження їх властивостей.

**Задачі дослідження.** Визначення оптимального складу і галузі застосування відходів ТЕС. Вивчення фізико-хімічних властивостей і економічної доцільності використання розроблених матеріалів.

Матеріали, що використовувалися: портландцемент типу I М500 виробництва ПАТ Волинь-цемент, зола гідровидалення Трипільської ДРЕС, пісок Дніпровський річковий. Дослідження виконувались на зразках-балках розмірами 4x4x16 см.

На першому етапі досліджувалися міцнісні характеристики в складах з вмістом золи 0, 50, 100% від маси заповнювача. Отримані результати приведені в таблиці 1, а також на рисунках 1 і 2.

Аналіз отриманих даних дозволяє зазначити, що заміна природнього заповнювача на

золу Трипільської ДРЕС позитивно впливає на фізико-механічні властивості запропонованих рецептур сухих будівельних сумішей модифікованих. Так на ранніх етапах тверднення (до 28 діб) більш інтенсивний приріст міцності спостерігається при твердінні композиції, в складі якої було замінено 100% піску на відходи промисловості. Показники міцності при стиску складу №1 зростають на 69,1; 63,4; 48,8; 48,7% на 3, 7, 28 і 90 добу відповідно порівняно з базовим складом №3.

Таблиця 1 – Результати фізико-механічних випробувань зразків штучного каменю

№ складу	Пісок/Зола	Міцність при стиску, МПа, у віці, діб				Міцність при згині, МПа, у віці, діб			
		3	7	28	90	3	7	28	90
1	0/100	8,22	12,3	15,12	17,34	3,43	3,68	4,41	4,93
2	50/50	5,94	7,89	12,02	13,22	2,35	2,79	3,14	3,31
3	100/0	4,86	7,53	10,16	11,66	2,35	2,94	3,38	3,68

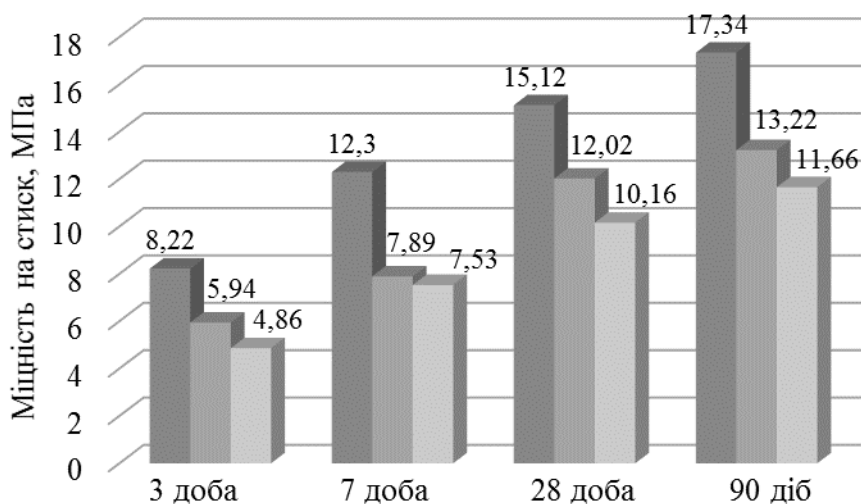


Рис. 1. Кінетика зміни міцності при стиску зразків штучного каменю

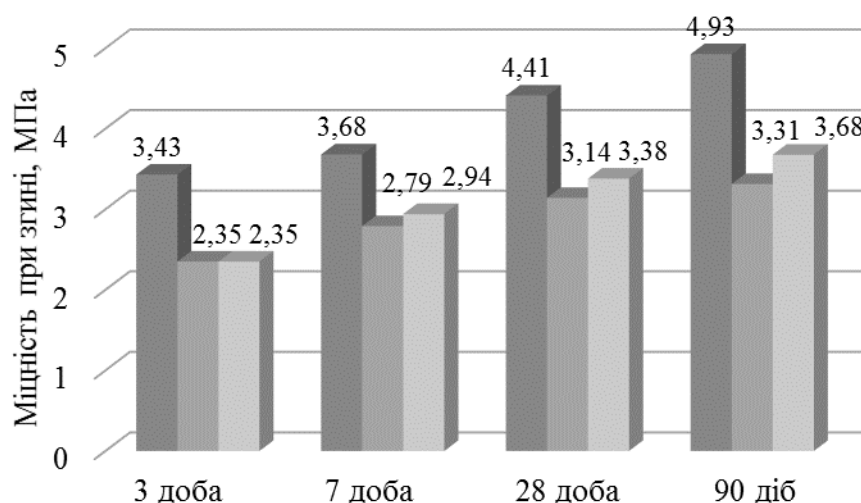


Рис. 2. Кінетика зміни міцності при згині зразків штучного каменю

На наступному етапі розраховано собівартість сухих будівельних сумішей при виготовленні та використанні 1т виробу при частковій заміні в'язучої складової на зольні відходи промисловості. Отримані результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльний розрахунок собівартості сухих будівельних сумішей на основі портландцементу (базовий варіант) та золоцементних композицій

Статті витрат		Зола Трипільської ДРЕС	Портландцемент	Пісок річковий	Вартість 1 т сухої будівельної суміші
Ціна за од., грн		<b>150</b>	<b>1400</b>	<b>50</b>	
Базовий варіант	витрата на 1 т	0	0,35	0,65	
	вартість, грн	0	490	32,5	522,5
Слад №1	витрата на 1 т	0,825	0,175	0	
	вартість, грн	123,75	245	0	368,75
Слад №2	витрата на 1 т	0,175	0,175	0,65	
	вартість, грн	26,25	245	32,5	303,75
Слад №3	витрата на 1 т	0,755	0,245	0	
	вартість, грн	113,25	343	0	456,25
Слад №4	витрата на 1 т	0,105	0,245	0,65	
	вартість, грн	15,75	343	32,5	391,25
Слад №5	витрата на 1 т	0,5	0,175	0,325	
	вартість, грн	75	245	16,25	336,25
Слад №6	витрата на 1 т	0,43	0,245	0,325	
	вартість, грн	64,5	343	16,25	423,75
Слад №7	витрата на 1 т	0,79	0,21	0	
	вартість, грн	118,5	294	0	412,5
Слад №8	витрата на 1 т	0,14	0,21	0,65	
	вартість, грн	21	294	32,5	347,5
Слад №9	витрата на 1 т	0,465	0,21	0,325	
	вартість, грн	69,75	294	16,25	380

Аналіз результатів зміни собівартості розроблених складів свідчить, що часткова заміна в складі заповнювача на відходи енергетичної промисловості сприяє зниженню вартості запропонованих сухих будівельних сумішей на 12,7...41,9% від вартості базового складу при зменшенні вмісту цементної складової на 30...50% і природнього заповнювача на 100% від маси заповнювача. При максимальному вмісті золи у складі №1 економія складає 29,43% від вартості базового складу. При збільшенні вмісту відходів промисловості собівартість зростає на 33,42%, хоча порівняно з базовим складом загальна собівартість знижується.

**Висновки.** Розроблено оптимальні склади сухих будівельних сумішей модифікованих відходами ТЕС для закріплення матеріалів, вивчено їх фізико-хімічні властивості, встановлена економічна доцільність використання запропонованих матеріалів. Запропоновані склади сухих будівельних сумішей, що у проектному віці характеризуються міцністю при стиску 10,16...15,12 МПа, а також міцністю при згині 3,38...4,41 МПа. Використання розроблених складів дозволить знизити вартість сировинних матеріалів на 12,7...41,9% та зменшити площі відвалів складованих золошлакових відходів, що покращить екологічний стан навколишнього середовища.

### Література

1. Бобович Б.Б. Переработка отходов производства и потребления: Справочное издание / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. – Под ред. док. техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. - М.: Интернет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
2. Вилсон Д. Утилизация твердых отходов / Под ред. Д. Вилсона. – М.: Стройиздат, 1982. – 348 с.
3. Орфанова М.М. Перспективи використання методу механоактивації з метою утилізації зол тес в наповнювачі будівельних матеріалів / М.М. Орфанова, В.І. Пустогов. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит.: Общегосударственный научно производственный и информационный журнал. – 2013. – № 5. – С. 58-62.
4. Кривенко П.В. Гібридні лужні цементі: структура та властивості / П.В. Кривенко, О.Ю. Ковальчук // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка: Науково-технічний збірник. – 2015. – №55. – С. 8–12.
5. Хлопицький О.О. Перспективи розвитку переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти / О.О. Хлопицький, Н.П. Макаренко // Праці Одеського політехнічного університету. Энергетика. Теплотехніка. Електротехніка – 2013. - №3(42). – С. 91-93.
6. Парфенюк А. С. Ефективний шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні – індустріальна термомізно-енергетична рекуперація / А.С. Парфенюк, А.А. Топоров, І.В. Кутняшенко // Безпека життєдіяльності. – 2005. – № 12. – С. 36–41.
7. Орфанова, М.М. Использование механохимических процессов для решения проблем утилизации отходов / М.М. Орфанова, В.И. Пустогов // Екологія. – Луганськ: Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. – 2008. – № 1(3). – С. 71–73.
8. Носков А.С. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба (технологические аспекты) / А.С. Носков, М.А. Савинкина, Л.Я. Анищенко. – Новосибирск:, 1990. – 177с.
9. Орфанова М.Н. Получение вяжущих наполнителей цемента из отходов производств / Р.Ю. Гложик, М.М. Орфанова // Труды IX международной научно-технической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» (у 3-х томах).– Том 2. – Харьков: ЧП «Сергеев», 2001. – С. 372–375.