

## КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ В БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ

Вінницький національний технічний університет;

### **Анотація**

*В роботі проведений аналітичний огляд використання промислових відходів теплоенергетики та хімічної промисловості для виготовлення будівельних виробів. Встановлено, що використання золи-винос у технологіях виробництва будівельних матеріалів, сприяє покращенню фізико-хімічних та реологічних властивостей бетонної суміші.*

**Ключові слова:** зола-винос; фосфогіпс; будівельні матеріали.

### **Abstract**

*In the work of conducting an analytical survey on the development of industrial activities and energy and chemical industry for the development of new technologies. It was established, that the victorist of zoli-vinos in the technologies of virobnitsv of budding materials, spriyae the pokrychennu fiziko-hemichnih that reologichny power of the concrete sum.*

**Keywords:** fly ash; phosphogypsum; building materials.

### **Вступ**

В сучасних умовах будівництва однією із головних задач, які поставлені перед українськими будівельними підприємствами, є створення нових ефективних матеріалів, поліпшення їх якісних і теплофізичних характеристик, та розширення номенклатури будівельних виробів. Майбутні перспективи розвитку підприємств промисловості будівельних матеріалів знаходяться на стадії корінної переоцінки у зв'язку з гострим дефіцитом енергетичних ресурсів. Для вирішення проблем по зниженню собівартості кінцевої продукції будівництва і скороченню витрат сировини, паливно-енергетичних і інших ресурсів, особлива роль відводиться розширенню використання промислових відходів. Із цим ресурсним джерелом, як підтверджують проведені дослідження, пов'язані значні резерви по підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації [1-4].

### **Постановка задач і формулювання шляхів їх вирішення.**

Головним завданням будівельних виробництв в наш час має бути впровадження нових прогресивних та економічних технологій по виробництву будівельних матеріалів з використанням відходів промисловості та місцевої сировини. На перший план виходить також розробка шляхів вирішення проблем забруднення навколишнього середовища багатотоннажними відходами теплоенергетики - золами-винесення ТЕС та екологічно небезпечними відходами хімічної промисловості - фосфогіпс, десульфогіпс.

### **Результати дослідження**

Комплексному рішенню проблеми економічності та екологічності будівельних виробів та споруд сприяє розробка нових композиційних в'язучих та бетонів на їх основі, які б задовольняли основним будівельним вимогам: такі вироби повинні володіти достатньою міцністю, підвищеною водостійкістю та морозостійкістю [3, 5, 6] тощо.

Зростання міцності бетонів може вирішуватись ефективними традиційними технологічними прийомами - за рахунок використання комплексних хімічних і активних мінеральних добавок [6-7]. Якщо природні мінеральні добавки потребують додаткових затрат на їх виробництво, то 12 теплових станцій України щорічно направляють у відвали біля 10 млн. т золошлакових відходів, і питома вага їх

використання в технології будівельних матеріалів у 5-8 раз менше, ніж у зарубіжних країнах [4,7].

Структура та склад золи залежить від цілого комплексу одночасно діючих факторів: морфологічних властивостей спалювання палива, товщини помелу в процесі його підготовки, зольності палива, хімічного складу мінеральної частини палива; температури у зоні горіння; часу перебування в зоні горіння [6, 8] та ін.

Характерною особливістю золи-винос є гладка сплавлена скловидна поверхня та приблизно правильна сферична форма частинок. Саме через таку форму частинок зола підвищує пластичність суміші тому використовується в технології приготування бетонів як пластифікатор[9].

Густина золи-виносу від спалювання різних видів палива коливається в межах від 1800 до 2400 кг/м<sup>3</sup>; середня пористість золи складає 4,8-7,4%; насипна густина — від 600 до 1100 кг/м<sup>3</sup>. Основним компонентом золи-виносу є скловидна алюмосилікатна фаза, яка вміщує 40-65% всієї маси, її частинки мають кулеподібну форму з розмірами до 100 мкм [7-8].

У залежності від хімічного складу золи-виносу її можна розглядати як аналог доменного шлаку, частки якого покриті склоподібною плівкою. Цементні розчини з добавкою 30% золи, розмеленої до питомої поверхні 10500 см<sup>2</sup>/г, у віці 28 діб мають міцність, приблизно рівну відповідним показникам розчину з добавкою цементу. Продукти взаємодії золи і кислот: (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) FeSO<sub>4</sub>, (Ca, Mg)SO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, (K<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>)SO<sub>4</sub> і інші) є інтенсифікаторами гідратації мінерального в'язучого. Руйнування скловидної оболонки золи-виносу забезпечує більшу її реакційну спроможність [8-9].

При всіх інших рівних умовах попередня обробка золи-виносу розчином сірчаної кислоти забезпечує приріст міцності золоцементних зразків. Зразки з добавкою 15% золи-виносу, обробленої 1% розчином кислоти, мали міцність на 10% більше, ніж контрольні. При збільшенні концентрації розчину кислоти до 5% міцність на стиск і згин збільшувалась відповідно на 20 і 30% [9-10].

Фосфогіпсові відходи є побічним продуктом при виробництві фосфорної кислоти екстракційним способом. В залежності від температурно-концентраційних умов розкладання фосфатної сировини тверда фаза сульфату кальцію може бути представлена однією з трьох форм: дигідратом, напівгидратом або ангідритом. Фосфогіпсові відходи можна віднести до гіпсової сировини, оскільки вони на 80-95% складаються з сульфату кальцію[10]. Хімічний склад фосфогіпсу Вінницького ВО "Хімпром" наведено в табл.1.

Таблиця 1 - Хімічний склад фосфогіпсів ПО "Хімпром" м. Вінниця

Основні складові	Вміст, % по масі	
	фосфогіпсодигідрат	фосфогіпсопівгидрат
Загальне P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5-1.5	1.2-1.5
Водорозчинні P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1-0.7	0.7-2.0
CaO	22-23	25-28
SO <sub>3</sub>	38-39	45-47
F	0.1-0.2	1.2-1.5
Na	-	0.9-1.0
Вода гігроскопічна	21-29	18-22
Вода кристалогідратна	19-21	5,5-6,5

Насипна густина фосфогіпсу є величина змінна і залежить від вологи, фракційного складу і ступеню ущільнення. Фосфогіпс є матеріалом, який дуже легко зжимається. При його стисканні проходить зменшення пористості, витискання або переміщення вологи по його масі. Повна вологість фосфогіпсу складає приблизно 66%. Максимальна молекулярна вологість дорівнює 15-16% і характеризується властивістю фосфогіпсу утримувати в собі вологу силами молекулярного зчеплення між частинками фосфогіпсу і води.

Широкомасштабному використанню фосфогіпсу перешкоджають його специфічні особливості: агрегатний стан, висока вологість, наявність фосфорної і сірчаної кислоти та водорозчинних шкідливих сполук фосфору і фтору.

Присутні у складі фосфогіпсу залишки вільної фосфорної і сірчаної кислоти, розчинні солей – монокальційфосфату, дикальційфосфату і інші, сповільнюють тужавіння і знижують міцність

цементних в'язучих [11, 13]. Виділення фтористих газів при тепловій обробці ускладнюють технологію виробництва будівельних матеріалів. Підвищена кислотність сировинного матеріалу приводить до корозії обладнання. Новостворені сульфати натрію, калію та кальцію мають тенденцію виділятися на поверхні виробів при їх висиханні, у вигляді висолів. Тому використання непромитого фосфогіпсу ускладнює отримання гіпсового в'язучого із задовільними механічними властивостями, а попередня відмивка фосфогіпсової сировини вимагає додаткових затрат та приводить до нових видів відходів – кислих стоків, які також мають бути утилізовані.

Промивка фосфогіпсу водою дозволяє витіснити шкідливі водорозчинні домішки і таким шляхом отримати із фосфогіпсу сировину для виробництва в'язучого. Для цього потрібно, як мінімум чотирьох кратний по відношенню до фосфогіпсу об'єм води.

Для покращення відмивання фосфогіпсу водою, авторами в роботах [12] було запропоновано використовувати добавки «С-3» і «Релаксол». Дані добавки з вираженою дефлокулюючою дією забезпечують краще відмивання кислот з меншою кількістю води. В результаті чого можна отримати невелику кількість кислих стоків з великою концентрацією фосфорної і сірчаної кислоти, які можна використати для хімічної активації золи-виносу.

Дані мікроскопічних досліджень в роботах [13-14] свідчать про те, що обробка золи-виносу сірчаною кислотою приводить до «роз'їдання» - корозії поверхні кульок скла, збільшуючи їхню питому поверхню, а отже, і реакційну здатність, що приводить до збільшення продуктів гідратації (гідросилікатів кальцію) і покращення фізико-механічних, експлуатаційних характеристик золоцементних композицій у порівнянні з аналогічними композиціями, у яких зола не активована.

Диференційно-термічні аналізи (ДТА) цементного каменю з різною кількістю золи, звичайної та обробленої розчином  $H_2SO_4$  (3% мас), а також контрольного зразка без добавки золи-виносу показують, що на кривих ДТА зафіксовані наступні термічні ефекти: роздвоєний ендотермічний ефект в інтервалі температур 100-120 °С з максимумами при 105-150 і 180 °С, який вказує на видалення адсорбційної води з гідратних новоутворень. Різкий ендоефект із максимумом при 500-519 °С пов'язаний з дегідратацією гідроксиду кальцію -  $Ca(OH)_2$ . Розмитий екзотермічний ефект при 880-905 °С свідчить про наявність низкоосновних гідросилікатів кальцію.

Рентгенофазові дослідження цементних і золоцементних зразків вказують на наявність у їх складі негідратованих клінкерних мінералів  $C_3S$  - лінії з міжплощинними відстанями,  $d/n = 3,02; 2,77; 2,75; 2,18; 1,76; 1,45$  А і  $C_2S$  - лінії з  $d/n = 2,77; 2,18; 1,97; 1,76; 1,45$  А ;  $Ca(OH)_2$  - лінії з  $d/n = 4,90; 3,10; 2,62; 1,92$  А;  $CaCO_3$  - лінії з  $d/n = 1,82$  А; кварцу - лінії  $d/n = 3,34$  А . Крім того, відзначаються лінії, характерні для гідратних новоутворень — низкоосновних гідросилікатів кальцію (CSH) -  $d/n = 3,08$  А.

## Висновки

Таким чином, хімічно активована зола-винос є поліфункціональним компонентом в складі суміші - з однієї сторони вона може виконувати функцію активної мінеральної добавки, з іншої — наповнювача. За рахунок хімічної активації зольної складової суміші зростає міцність силікатної матриці бетонів, що призводить до економії в'язучого.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Червяков Ю. М. Використання гіпсовміщуючих відходів промисловості в якості сировини при виробництві будівельних матеріалів і виробів / Ю. М. Червяков, Л. О. Супрун // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2013. – № 48. – С. 60-63.
2. 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. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
3. Лемешев М.С. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О.В. Березюк // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново : МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Том 13. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 111-114.
4. Лемешев М.С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М.С. Лемешев, О.В. Христич, О.В. Березюк // Materiály XI

- Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015». – Praha (Czech): Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. – Díl 7. Fyzika. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Technické vědy. – S. 60-62.
5. Сердюк В.Р. Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Випуск 33. – С. 57-62.
  6. Ковальський В.П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'яжучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186 -193.
  7. Лемешев М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58.
  8. Сердюк, В. Р. Об'ємна гідрофобізація важких бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – № 2. – С. 40-43.
  9. Лемешев М. С. Антистатичні покриття із електропровідного бетону / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2017. – № 2. – С. 26-30.
  10. Сердюк В. Р. Формування структури анодних заземлювачів з бетелу-м для систем катодного захисту / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христич // Науково-технічний збірник. Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, 2010, Випуск 35. – С. 99-104.
  11. Лемешев М. С. В'яжуче на основі промислових відходів / М. С. Лемешев // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017 : материалы международной научно-практической Интернет-конференции, 10-17 октября 2017 г. – Москва (Россия) : SWorld, 2017. – 6 с. – Режим доступа : <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/arts-architecture-and-construction-317/modern-construction-technologies-317/29547-317-027>.
  12. Березюк О. В. Поширеність спалювання твердих побутових відходів з утилізацією енергії / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2017. – № 2 (23). – С. 137-141.
  13. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христич, С. Ю Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
  14. Березюк О. В. Фосфогіпсозолоцементні та металофосфатні в'яжучі з використанням відходів виробництва [Текст] / М. С. Лемешев, О. В. Христич, 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.

**Лемешев Михайло Степанович** – к.т.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [mlemeshev@i.ua](mailto:mlemeshev@i.ua).

**Mikhail Lemeshev** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [mlemeshev@i.ua](mailto:mlemeshev@i.ua).