

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора,
професора кафедри будівельного виробництва Інституту будівництва та
інженерних систем Національного університету «Львівська політехніка»

Кропивницької Тетяни Павлівни

на дисертаційну роботу **Зозулинець Вікторії Василівни**

на тему: «Кислотостійкі лужні цементы і композиційні матеріали на їх основі»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження. Необхідність у сучасних будівельних матеріалах як для зведення нових високоякісних будівель та споруд, так і для ремонту та підвищення ефективності існуючої інфраструктури постійно зростає. Аналіз тенденцій світового розвитку в будівництві свідчить про необхідність виробництва цементів та бетонів з підвищеними експлуатаційними властивостями, зокрема корозійною стійкістю. Випуск високотехнологічної продукції в будівельній галузі з використанням техногенної сировини значною мірою реалізується впровадженням ефективних шлаколужних в'язучих. Такі матеріали повинні характеризуватись високою функціональністю, екологічністю, довговічністю, бути економічно ефективними та доступними. У зв'язку з цим, розроблення кислотостійких лужних цементів і композиційних матеріалів на їх основі з використанням техногенних промислових відходів визначає актуальність даної роботи.

Обґрунтованість наукових положень і висновків.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані та підтверджені результатами експериментальних досліджень. Достовірність результатів забезпечується застосуванням стандартних методів, апробованих методик і відтворюваністю експериментальних результатів.

Основні **наукові положення та наукова новизна** полягають у вивченні процесів структуроутворення цементів в лужноактивованій системі, з метою синтезу кислотостійких фаз у нормальних умовах та взаємозв'язку їх з властивостями штучного каменю, які, на відміну від відомих процесів структуроутворення силікатних та алюмосилікатних матеріалів, дозволяють визначити нові підходи щодо формування мінеральних або органічно-мінеральних структур і комплексів з заданими властивостями, а також у модифікуванні технології виготовлення матеріалів на їх основі. Досліджено особливості формування структури цементної матриці з підвищеною кислотостійкістю з використанням добавок різної природи, що дозволяє визначити закономірності управління процесами структуроутворення і технологічні принципи побудови таких композиційних матеріалів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем в межах держбюджетних науково-дослідних робіт «Розробка кислотостійких гібридних лужних цементів в системі $R_2O - CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ і матеріалів на їх основі з підвищеними експлуатаційними характеристиками» (№ реєстрації 0122U001199) та «Розробка технологічних методів запобігання та припинення лужної корозії бетону в умовах використання реакційно здатних заповнювачів» (№ реєстрації 0119U002580), відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України.

Достовірність основних положень дисертації підтверджується достатнім обсягом чисельних експериментальних досліджень та впровадженням розробленого бетону, що підтверджено актом про апробацію.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні кислотостійких лужних цементів та композиційних матеріалів на їх основі з використанням методу математичного планування експерименту та дослідженні впливу різних видів агресивних середовищ на їх міцність і кислотостійкість.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Зозулинець В.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям дослідження щодо розроблення кислотостійких лужних цементів і композиційних матеріалів на їх основі.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Зозулинець Вікторії Василівни є результатом самостійних досліджень здобувача та не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою та складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 137 сторінок і включає 30 таблиць, 30 рисунків, список використаних джерел із 69 найменувань та додатку. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Аналіз основного змісту дисертації.

У першому розділі дисертації розглянуто перспективи використання лужних в'язучих речовин, як основи для кислотостійких цементів. Проведено оцінку альтернативних сировинних матеріалів, які є достатньо ефективними, з погляду підвищення кислотостійкості лужноактивованих систем. Розглянуто можливість отримання кислотостійких цементів шляхом модифікування лужних в'язучих

речовин композиційних матеріалів. Наведено існуючі способи модифікування цементних систем для отримання кислотостійких матеріалів. На основі викладеного автором сформульовано мету та завдання досліджень, а також визначена наукова гіпотеза. Разом з тим, доцільно було навести загальну блок-схему досліджень.

У другому розділі наведено характеристику матеріалів, описано методи фізико-механічних випробувань та фізико-хімічних досліджень. Наведено характеристики мінеральних складників (доменний гранульований шлак, метакаолін, трепел) для одержання лужних цементів і композиційних матеріалів на їх основі. Застосовано відходи виробництва алюмінію - червоний бокситовий шлак Миколаївського глиноземного комбінату, а також представлено його мінералогічний і хімічний склади. Оптимізацію рецептурних рішень проводили з використанням методів математичного планування експерименту.

У третьому розділі розкрито взаємозв'язок властивостей і процесів структуроутворення кислотостійких лужних цементів. Наведено експериментальні дослідження впливу компонентного складу на фізико-механічні характеристики, особливості структуроутворення та показники кислотостійкості цементного каменю на основі лужних цементних систем з введенням різних видів мінеральних добавок. Отримані результати свідчать, що підвищений вміст метакаоліну (40%) призводить до значної втрати міцності, тоді як введення трепелу у кількості 20% практично не впливає на міцнісні показники (с. 66). Додатковий вміст трепелу від 10 до 20% дозволяє отримати лужноактивовані цементні системи з коефіцієнтом кислотостійкості $K_c=0,81-0,85$. Показано, що часткова заміна алюмосилікатних компонентів на червоний шлак (до 30%) дозволяє отримати лужні цементні системи з підвищеними показниками кислотостійкості ($K_c \geq 0,8$).

Четвертий розділ присвячено дослідженню впливу агресивного середовища на основі розчинів різних кислот на фізико-механічні характеристики дрібнозернистих бетонів на основі гібридних кислотостійких лужних цементів. Досліджено вплив умов агресивного середовища на властивості отриманих кислотостійких бетонів та визначено їх фізико-механічні властивості. Встановлено, що введення до 30% червоного шламу дає змогу отримати композиційний лужноактивований матеріал з міцністю 46,0 МПа, який тверднув 360 діб в 5% розчині сірчаної кислоти. Показано, що дія розчину азотної кислоти (HNO_3) має менш деструктивний характер впливу в порівнянні з хлоридною кислотою (HCl).

У п'ятому розділі наведено результати дослідно-промислової апробації кислотостійких лужних цементів і композиційних матеріалів на їх основі під час виготовлення залізобетонних виробів.

Представлено висновки до розділів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні положення дисертації висвітлено у 19 наукових публікаціях здобувача, з них 6 статей у фахових виданнях України, 2 - у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до міжнародних наукометричних баз; 11 публікації у матеріалах доповідей міжнародних конференцій. Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на конференціях різного рівня, що можна вважати достатніми.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Формулювання наукової новизни отриманих результатів є надто загальним і недостатньо чітко виражає особливості процесів структуроутворення цементів в системі $R_2O-ROAl_2O_3-SiO_2-H_2O$. Доцільно було конкретизувати, які кислотостійкі фази синтезовано в даних системах і порівняти з аналогами, а також вказати, які нові підходи було розвинено під час формування мінеральних або органо-мінеральних структур і комплексів з заданими властивостями. Також слід виділити вплив мінеральних добавок трепелу та бокситового шламу, які на відміну від інших, мають суттєвіший вплив на процеси структуроутворення і при цьому забезпечують покращені характеристики розроблених кислотолужних матеріалів.

2. У розділі 2 дисертації наведено хімічний і фазовий склади промислових відходів, зокрема червоного шламу, який характеризується підвищеним вмістом оксидів заліза (Fe_2O_3 , FeO) (табл. 2.1, с. 57). Доцільно було дослідити детальніше фазовий склад червоного шламу, виділити категорії води (структурна, неструктурна), а також процес старіння утворених гідроксидів заліза, що супроводжується зменшенням об'єму. Слід було також представити рН середовища в камені кислотолужного цементу. Також доцільно було вказати кількісне співвідношення основних фаз бокситового шламу з використанням методу рентгенофазового аналізу за Рітвельдом.

3. У розділі 2 слід було навести гранулометричний склад мінеральних добавок гранульованого доменного шлаку, метакаоліну та меленого трепелу, зокрема визначити вміст дрібної фракції менше 1 мкм, що має визначальне значення в процесах структуроутворення кислотостійких композиційних матеріалів. В той же час, автор наводить надто високі значення питомої поверхні для метакаоліну $S_{пит} = 1800 \text{ м}^2/\text{кг}$ та червоного шламу $S_{пит} = 15000 \text{ м}^2/\text{кг}$ (с. 55). Неясно яким методом визначена питома поверхня вказаних мінеральних добавок.

4. У розділі 3 дисертації розроблено склади гібридних лужних цементів і досліджено фізико-механічні показники цементного каменю на основі системи «доменний гранульований шлак – лужний компонент – метакаолін – трепел». В табл. 3.4 наведено показники міцності при стиску кислотостійких лужних цементів через 28 діб тверднення. Разом з тим, неясно, якою ранньою міцністю характеризуються розроблені кислотостійкі цементи. Показники ранньої міцності дозволили б встановити відповідність деяких складів вимогам для кислотостійких лужних цементів з високою ранньою міцністю. В табл. 3.6, 3.10, 3.14, 3.20 наведені

деформації усадки та розширення лужних цементів. При цьому неясно, з використанням якої методики проведені дані дослідження.

5. Автор наводить результати дериватографічного та рентгенографічного аналізів гібридних кислотостійких лужних цементів на основі системи «доменний гранульований шлак – лужний компонент – червоний шлак», зокрема кількісний фазовий склад продуктів карбонізації (с. 79). Разом з тим, неясно, які фази фіксуються з вмістом заліза, так як згідно з даними хімічного аналізу кількість оксидів заліза в червоному шламі досягає 37,9 мас.% (с. 57, табл. 2.1).

6. Автором розроблено дрібнозернисті бетони на основі гібридних кислотостійких лужних цементів (розділ 4). При цьому неясно, якою рухливістю характеризувалися гібридні лужні бетони (табл. 4.3-4.10). Доцільно було застосувати суперпластифікатори різних типів, що дозволило б забезпечити необхідні технологічні та експлуатаційні властивості кислотостійких композиційних матеріалів.

7. В розділі 4 представлено дослідження впливу різних видів кислотного середовища на фізико-механічні показники лужних дрібнозернистих бетонів. В той же час, доцільно було встановити структурні особливості та фазовий склад продуктів гідратації цементуючої матриці лужних композиційних матеріалів після витримування зразків у агресивних кислотних середовищах. Слід було дослідити будівельно-технічні властивості (водопоглинання, морозостійкість, водонепроникність та ін.) розроблених кислотостійких композиційних матеріалів та визначити параметри пористої структури згідно з ДСТУ Б В 2.7-170:2008.

8. У висновку (с. 128) автор вказує, що розроблені кислотостійкі матеріали на основі гібридних лужних цементів характеризуються підвищеною непроникністю та зменшеною відкритою пористістю і можуть застосовуватись у виробках і конструкціях загально-будівельного та спеціального призначення. Разом з тим, з роботи неясно, якими значеннями відкритої пористості та водонепроникності характеризуються розроблені лужні композиційні матеріали, так як автором це поставлено як одне з завдань дисертаційної роботи (с. 53).

9. В роботі доцільно було навести техніко-економічну ефективність від впровадження даної розробки та розрахувати екологічні ефекти, зокрема низьковуглецевий слід. У той же час, робота виконана в науково-дослідному інституті в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського, що діє при КНУБА, тому слід було представити впровадження даної розробки у навчальний процес при підготовці студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія.

В тексті дисертації є окремі друкарські помилки та неточності.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Зозулинець Вікторії Василівни «Кислотостійкі лужні цементі і композиційні матеріали на їх основі» за актуальністю, обсягом виконаних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичної цінності, повнотою викладу результатів досліджень у наукових виданнях є завершеною науковою працею, відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. пп. 5–9. Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи та актуальність наукових досліджень вважаю, що її автор, Зозулинець Вікторія Василівна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:

Професор кафедри будівельного виробництва
Інституту будівництва та інженерних систем
Національного університету
«Львівська політехніка»,

доктор технічних наук, професор

Тетяна КРОПИВНИЦЬКА

Особистий підпис д.т.н., професора Кропивницької Т.П. “засвідчую”

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»

М.П.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

11» _____ 07 2024 року