

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**ГЕВ'ЮК Ірини Миколаївни****«Мультимодальні композиційні портландцементи з високою ранньою міцністю та модифіковані бетони на їх основі»,**представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю  
05.23.05 – Будівельні матеріали та виробы

**Склад і структура дисертаційної роботи.** Дисертація Гев'юк І.М. викладена на 129 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається із вступу, п'яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 162 сторінки і включає 45 таблиць, 44 рисунки, список використаних джерел із 152 найменувань та додатки. Зауважень щодо оформлення роботи немає.

**Актуальність теми.** Концепція розвитку бетонознавства і забезпечення сучасного будівництва ефективними за технологією та властивостями бетонами безпосередньо пов'язана з глобальними проблемами людства, перш за все з енерговитратами при виробництві портландцементного клінкеру та емісією CO<sub>2</sub>. Згідно прогнозів економічного розвитку ЄС вміст клінкеру в цементах майбутнього буде обмежений 70%. Це вимагає пошуку шляхів максимального використання активності клінкера та цементозаміщуючих матеріалів у складі цементу. Мультимодальний підхід до вирішення такої проблеми з отриманням цементів, що здатні при суттєвому зменшенні вмісту клінкеру забезпечити інтенсивне структуроутворення на ранній стадії тверднення і сприяти покращенню характеристик бетонів на їх основі безперечно є оригінальним і таким, що обґрунтовує актуальність теми дисертаційних досліджень автора.

Про актуальність роботи свідчить і те, що вона використовувалась в межах держбюджетних науково-дослідних робіт (номери держреєстрації 01 15U000426 та 01 17 U004446), а також за договором «Розроблення та дослідження енергозберігаючих мультимодальних композиційних цементів на основі портландцементного клінкеру ПАТ Івано-Франківськцемент» (номер держреєстрації 01 15 U004209).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій** оцінюється опонентом представленими в роботі аналітичними та експериментальними матеріалами. Їх аналіз дозволяє виділити наступне.

Аналіз літературних джерел (*розділ 1*) з проблеми розробки ефективних з точки зору екологічності і економічності цементів для сучасних бетонів виконаний автором для обґрунтування наукової гіпотези, формулювання мети і задач досліджень. Посилання на документи СЕМБУРО, Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC), Міжнародної бізнесради зі сталого розвитку (WBCSD), Європейської академії дослідження цементу (ECRA) дозволило висвітлити сучасні тенденції розвитку низькоемісійного сектору цементу та бетону згідно стратегії сталого розвитку та визначити необхідність розширення використання композиційних портландцементів з пониженим клінкер-фактором. Проаналізовані роботи Саницького М.А., Соболя Х.С. та ін., якими показані значні резерви зниження енергоємності та зменшення вмісту портландцементного клінкеру переходом до композиційних портландцементів з підвищеним вмістом цементозаміщуючих матеріалів (ЦЗМ) гідравлічної та пуцоланічної дії. Особлива увага приділена можливості використання природного цеоліту та вапняку (роботи Пашенка О.О., Овчаренка Г. І., Свірідова В.Л. та ін.). Наданий аналіз робіт закордонних дослідників (роботи Штark Й., Бернт В., Людвіг Х., Гергічни З., Янотка І. та ін.). Ці дослідження дали підставу автору звернутися до нового підходу, який ґрунтується на принципах побудови мультимодальних (тобто таких, що реалізують декілька «модусів» як засобів інформації для створення єдиного артефакта) композиційних цементів з оптимізованим розподілом за розмірами частинок своїх

складових різного походження, яким приділена увага дослідженнями Вольтер А., Пальм С. Використання таких цементів у бетоні потребує врахування їх високої дисперсності і на підставі проаналізованих робіт дослідників-бетонознавців вітчизняних і світових наукових шкіл відкриваються нові можливості їх хімічної модифікації при отриманні бетонних сумішей і ефективних бетонів загальнобудівельного призначення з покращеними властивостями. Отже, аналіз літературних джерел дозволив автору обґрунтувати наукову гіпотезу і сформулювати мету при постановці дисертаційних досліджень.

Зауваження за розділом 1:

1. *Поняття «мультиmodalність» є досить широким і розповсюджується на різні сфери інтелектуальної діяльності – від загальної філософії до комп'ютерних технологій. Тому доцільним було б автору окреслити це поняття «модусами», передбаченими дисертаційною роботою.*
2. *Відсутній аналіз наукових робіт окремого напрямку будівельного матеріалознавства – механохімії, в сферу якого фактично входять і дослідження автора.*

Матеріали розділу 2 свідчать, що дослідження виконані з використанням сучасного обладнання, випробування цементів і бетонів проводилися у відповідності з вітчизняними, європейськими та американським стандартами.

В експериментальній частині (розділ 3.1) визначений біmodalний і одномодальний характер диференційного розподілу частинок для різних можливих складових композиційного портландцементу за питомою поверхнею дозволив автору запропонувати розрахунковий коефіцієнт поверхневої активності продуктів диспергації і зв'язати його з пріоритетним вкладом надтонкої фракції цеоліту і вапняку в порівнянні з цементом і шлаком в загальний показник. Показано, що тонкомелені цеоліт і вапняк характеризуються біmodalним розподілом частинок за об'ємом (рис.3.1), при цьому для цеоліту кількість тонкої фракції в межах 0,3...10,0 мкм складає 39 об.%, а для тонкої фракції (0,9...10,0 мкм) вапняку – 32 об.%. Для ПЦ І-500Р-Н вміст частинок до 10 мкм складає 37,46 об.%, зокрема на ультрадисперсну фракцію (до 1 мкм) припадає 5,85 об.% і максимум поверхневої активності ( $K_{isa}=4,5 \text{ мкм}^{-1} \text{ об.}\%$ ) відповідає частинкам розміром 0,32 мкм. Саме такі цементозаміщуючі матеріали (ЦЗМ) обрані для розробки четвертинного мультиmodalного композиційного портландцементу типу СЕМ ІІ /В-М з високою ранньою міцністю.

Визначення пуцоланової активності ЦЗМ за поглинанням  $\text{Ca(OH)}_2$  (розділ 3.2) показали найвищу активність для ультрадрібнодисперсного цеоліту ( $S_{\text{пгг}}=1200 \text{ м}^2/\text{кг}$ ), що особливо помітно при порівнянні такої властивості у шлака. Ці результати кореспондуються з даними про міцнісний показник, визначений за ASTM C593-06.

Цими результатами та їх зв'язком з даними про активність багатокомпонентного композиційного цементу типу СЕМ ІІ /В-М обґрунтоване основне наукове положення про те, що тонкі фракції такого цементу розміром менше 4...6 мкм при вмісті до 25% вносять основний вклад в прискорення пуцоланової реакції і відповідно синтез ранньої міцності цементної матриці бетону. Логічним є пояснення автором впливу різної природи цементозаміщуючих матеріалів на активність, серед яких обрані як пуцоланової дії, так і утворюючі центри кристалізації.

Подальшими дослідженнями (розділи 3.2; 3.3; 3.5) виконані випробування різних композицій портландцементів, починаючи з подвійних систем (табл. 3.7), і визначено, як впливає кількість ЦЗМ та його дисперсність на основні властивості – водопотребу, водовідділення, міцність у різні терміни. Показано, що основним недоліком змішаних портландцементів з монодобавками пуцоланової дії є їх підвищена водопотреба. Позитивні результати щодо реологічних властивостей і міцності отримані для системи ЦЗМ «шлак-цеоліт». Водночас встановлено, що введення в процесі помелу



додатково цеоліту до портландцементного клінкеру з доменним гранульованим шлаком дозволяє покращити на 12 % розмелоздатність продукту.

З врахуванням таких властивостей ЦЗМ автор підходить до оптимізації складу мультимодальних композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю з постановкою задачі зменшення клінкер-фактору до 65%. При використанні методу ортогонального центрально-композиційного планування визначено раціональне співвідношення між вапняком і ультрадисперсним цеолітом. Аналіз отриманих математичних залежностей дозволив визначити оптимальне співвідношення між неклінкерними складниками (17,5 мас.% ГДШ; 10 мас.% УДЦ; 6,5 мас.% вапняк) композиційного четвертинного портландцементу СЕМ II/В-М (S-P-L) 32,5 R ДСТУ Б EN 197-1, що забезпечує рухливість більше 190 мм і підвищені значення ранньої ( $R_{ct2}=19,1$  МПа) та стандартної ( $R_{ct28}=36,4$  МПа) міцностей (рис. 3.10). Всі властивості таких цементів визначені в повній мірі та пояснені фізико-хімічними дослідженнями розвитку процесу гідратації (розділ 3.4), зокрема більш інтенсивним утворенням еtringіту та  $AF_m$ -фаз у початковий період. Отже, наведеними експериментальними результатами обґрунтоване наукове положення про можливість одержання мультимодальних четвертинних композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю типу СЕМ II/В-М (клінкер-фактор - 65%) за рахунок оптимізації речовинного та гранулометричного складів клінкеру дрібнокристалічної структури та високодисперсних цементозаміщуючих матеріалів різного генезису з урахуванням особливостей розподілу розмірів частинок.

Зауваження за розділом 3:

1. Потребус більш конкретного розкриття методика експериментального і розрахункового отримання одного з ключових чисельних показників значимості мультимодального характеру розподілу часток за питомою поверхнею - коефіцієнт поверхневої активності продуктів диспергації.
2. Виконуючи в експериментах визначення поверхневої активності мінеральних тонкодисперсних частинок ЦЗМ (с. 58), автор трансформує його в поняття поверхневої енергії (с. 16), що не є коректним без її визначення.
3. Аналіз результатів надзвичайно ускладнюється тим, що автор часто переходить з одних державних стандартів типу ДСТУ до гармонізованих стандартів типу ДСТУ EN, в чому нема необхідності (для прикладу див. с. 79-80). Це стосується і позначень цементів.
4. Не зовсім логічним є звернення до способів помелу цементів у розділі 3.3, присвяченому дослідженню впливу ЦЗМ на міцність композиційних портландцементів методом математичного планування експерименту.

Експериментальними дослідженнями розділу 4 обґрунтоване наукове положення про комплексну синергетичну дію високодисперсних цементозаміщуючих матеріалів з бімодальною реакційно-хімічною поверхневою активністю та полікарбонатних суперпластифікаторів у механізмі формування ранньої та стандартної міцностей бетону. Автором використано декілька видів добавок, в тому числі їх комплексів, для вирішення задач отримання показників технологічності бетонних сумішей та бетонів класів за міцністю С20/25...С32/40 при витраті запропонованого цементу 300-400 кг/м<sup>3</sup> та добавки в межах 0,75...1,25 мас.%. Електронно-мікроскопічними дослідженнями структури цементної матриці та бетону пояснено позитивний вплив складу композиційного портландцементу. Введення мінеральних добавок високої питомої поверхні (природний цеоліт і вапняк) до складу композиційного портландцементу ПЦ II/Б-К(Ш-П-В)-500Р-Н дозволяє одержати однорідні бетонні суміші та високощільний бетон, покращені властивості якого наведені.

Зауваження за розділом 4:

1. *Не ясно, чим пояснюється суттєва різниця між даними про ранню міцність композиційного портландцементу (19,3 МПа) при його випробуванні (с. 80) і дрібнозернистого бетону (1:3) на основі такого ж цементу, що становить 32,0 МПа (с. 98).*
2. *При модифікації бетону в експериментах (розділ 4) використовуються різні за активністю і позначенням композиційні портландцементи, що ускладнює аналітичне порівняння результатів, наприклад, на с. 98 показано використання мультимодального композиційного портландцементу ПЦ П/Б-К-500Р-Н, тоді як раніше це був мультимодальний портландцемент СЕМ П/В-М (S-P-L) 42,5 R.*

В цілому, експериментально обгрунтовані положення складають наукову новизну роботи, яка, на думку опонента, полягає у виявленні закономірностей мультимодального розподілу розмірів частинок цементозаміщуючих матеріалів різного генезису та можливості реалізації пріоритетного впливу їх ультрадисперсних фракцій на прискорення фізико-хімічних процесів при гідратації і формуванні ранньої міцності цементної матриці та ущільнення структури бетону загальнобудівельного призначення з покращеними властивостями.

Наведений аналіз дозволяє вважати, що в цілому наукові положення, висновки і рекомендації автора є обгрунтованими.

Практичне значення роботи підтверджують результати, що викладені у розділі 5. В умовах діючого провідного підприємства цементної промисловості України ПрАТ «Івано-Франківськцемент» здійснено промисловий випуск 700 тис. т композиційного портландцементу ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)-400Р-Н з високою ранньою міцністю. Крім того, способом роздільного помелу здійснено виробництво дослідної партії мультимодального композиційного портландцементу ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)-500Р-Н. Випробування в лабораторії підприємства підтвердили високі показники властивостей цементів дослідних партій (табл. 5.1; 5.2). 600 т цементу ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)500Р-Н використано на ДП «Спецзалізобетон» ПрАТ «Івано-Франківськцемент» при виготовленні модифікованих товарних бетонів класів С20/25...С30/35. Загальний об'єм такого модифікованого товарного бетону склав 1500 м<sup>3</sup>. Модифіковані бетонні суміші та бетони на основі композиційних портландцементів ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)-400Р-Н і ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)-500Р-Н застосовано для монолітного бетонування, виготовлення наливних підлог. Фактичний економічний ефект від впровадження дослідно-промислової партії четвертинного композиційного портландцементу з високою ранньою міцністю ПЦ П/Б-К(Ш-П-В)500Р-Н складає 154,65 тис. грн.

Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі Гев'юк І.М., не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень та випробувань, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

Загальні висновки по роботі висловлені чітко і аргументовані конкретними результатами.

За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 7 статей у наукових фахових виданнях України, 3 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus, Index Copernicus, Baz Tech, РИНЦ), 6 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій, отримано патент України на корисну модель.

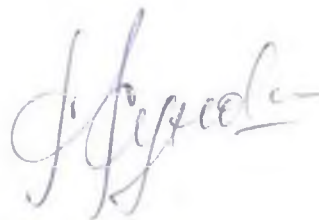
Ідентичність автореферату основним положенням дисертації підтверджується.



Висловлені зауваження не носять принципового характеру, мають дещо дискусійний характер і, головним чином, спрямовані на більш чіткий характер викладення матеріалу. За об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною дисертація Гев'юк І.М. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові теоретично обгрунтовані та практично цінні результати, що сприяють вирішенню проблеми енергозбереження та зменшення емісії CO<sub>2</sub> при одночасному збільшенні ранньої активності портландцементу, використання якого в бетоні сприяє підвищенню його ефективності.

В цілому, дисертаційна робота Гев'юк Ірини Миколаївни за рівнем її наукової новизни і практичного значення відповідає встановленим вимогам п.п. 11, 13, 14 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань", які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05. - Будівельні матеріали та виробы.

Офіційний опонент  
професор кафедри технології  
будівельних конструкцій і виробів  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури, докт.техн.наук



Р.Ф.Рунова

Особистий підпис д.т.н., професора Р.Ф.Рунова "засвідчую"

Вчений секретар Вченої Ради КНУБА, к.т.н., доцент



О.С. Петренко