

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кропивницької Тетяни Павлівни

«Лужноактивовані композиційні портландцементи з високою ранньою міцністю та наномодифіковані бетони на їх основі»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Структура та обсяг дисертації. Представлена на відгук дисертаційна робота складається зі вступу, шести основних розділів, списку використаних джерел із 320 найменувань та 19 додатків. Загальний обсяг становить 452 сторінки, з них 298 сторінок основного тексту, 58 таблиць, 112 рисунків. Робота оформлена згідно чинних вимог.

Автором чітко визначена **актуальна наукова проблема**, яка вирішується в роботі – розроблення наукових основ отримання технологічно-оптимізованих лужноактивованих композиційних клінкер-ефективних портландцементів з високою ранньою міцністю з використанням принципів направлено керування процесами їх раннього структуроутворення для отримання наномодифікованих бетонів різного функціонального призначення, що забезпечують покращені показники якості та експлуатаційні властивості.

Дисертація виконана в рамках трьох держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України: (номери держреєстрації 0113U001370, 0115U000426, 0117U007566), а також в межах чотирьох НДР (номери держреєстрації 0115U004209, 0115U004209, 0117U007566, 0119U102242). Роботи виконувались на кафедрі будівельного виробництва Національного університету «Львівська політехніка».

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеню обґрунтованості наукових положень та висновків.

У першому розділі наведено досить повний аналітичний огляд відомих вітчизняних та іноземних літературних джерел щодо ефективності лужної активації низькоемісійних цементуючих систем та наномодифікованих бетонів, а також визначено теоретичні передумови досліджень. Головну увагу приділено проблемам зниження кількості клінкеру в цементах, забезпечення ранньої міцності та довговічності бетонів на їх основі. Для досягнення цієї мети важливо забезпечити використання мультимодальних мультикомполімерних цементів з оптимізованим заповненням пор за рахунок реальної градації гранулометричного складу їх головних компонентів. Важливо розробити новий клас швидкотверднучих лужноактивованих клінкер-ефективних цементуючих матеріалів, який може забезпечити технічні, економічні та екологічні переваги в будівництві. Автору при аналізі наномодифікованих бетонів слід було також розглянути особливості використання вуглецевих нанодобавок,

За результатами детального критичного аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних вчених автором розроблено робочу гіпотезу, визначено актуальність, об'єкт, предмет, мету та завдання власних досліджень.

У другому розділі представлені основні характеристики використаних матеріалів та опис методів і методик, які застосовувалися в експериментальних дослідженнях, розроблено методологічні основи оцінювання поверхневої активності цементуючих матеріалів. Проведено аналіз дисперсності цементуючих матеріалів та їх поверхневої активності залежно від розподілу розмірів частинок за об'ємом та питомою поверхнею. Обґрунтовано закономірності формування мікроструктури композиційних портландцементів та принципи композиційної побудови технологічно-оптимізованих мультимодальних портландцементів з високою ранньою міцністю. Розроблена блок-схема теоретично-експериментальних досліджень, на основі якої вирішувалися поставлені завдання. Разом з тим, доцільно було порівняти ефективність розроблених композиційних цементів з в'язучими низької водопотреби, що отримуються шляхом механо-хімічної активації.

У третьому розділі наведено результати досліджень механізмів впливу солей лужних металів, суперпластифікаторів полікарбоксилатного типу та наномодифікаторів на процеси структуроутворення багатокомпонентних цементуючих систем. Установлено, що істотний вплив на процеси раннього структуроутворення цементуючих систем може спричинити сумісна дія добавок двоводного гіпсу та солей лужних металів. Проведені автором фізико-хімічні дослідження дозволили обґрунтувати механізм лужно-сульфатної активації композиційного портландцементу для отримання потрібних властивостей. Доведено, що основними гідратними фазами композиційного портландцементу є гідросилікати кальцію, гель яких пронизаний голчастими кристалами еtringіту. Саме ці гідратні фази визначають основні структурні характеристики та довговічність лужно-сульфатноактивованого цементного каменю. Внесення домішки лужного наномодифікатора забезпечує підвищення міцності цементного каменю у ранній період тверднення у декілька разів, при цьому капілярна пористість цементного наномодифікованого каменю суттєво зменшується. Але згідно ДСТУ Б В.2.7-181:2009 в якості лужного активатора використовується алюмінат натрію, проте в роботі ця добавка не представлена.

У четвертому розділі представлені результати створення лужноактивованих композиційних цементів з високою ранньою міцністю різного функціонального призначення. Визначено вплив використаних модифікаторів на кінетику набирання ранньої міцності досліджуваних композиційних цементів. Установлено, що суперпластифікатор полікарбоксилатного типу забезпечує збільшення індукційного періоду в 2,5 рази, а натрію сульфат інтенсивно прискорює процес гідратації - індукційний період пришвидшується до 3,1 год. Використання цих модифікаторів забезпечує суттєве прискорення набирання ранньої міцності таких цементів.

Дослідженнями автора також встановлено, що ефективним способом прискорення раннього структуроутворення лужноактивованих композиційних портландцементів є застосування нанопуцолани, в якості якої використано дисперсію колоїдного розчину на основі наночастинок діоксиду кремнію. Таким чином на основі використання лужного активатора, полікарбоксилатного суперпластифікатора та нанокремнезему одержані швидкотверднучі високоміцні портландцементні композиції. Автором лужні компоненти вводились у вигляді розчину необхідної густини («розчинна технологія»). У даному розділі доцільно було також розглянути технологічні рішення виготовлення лужноактивованих композиційних цементів за «сухою технологією», при якій лужний компонент вводиться в процесі сумісного помелу складників у сухому стані.

У п'ятому розділі приведені результати проектування складів, визначення та аналізу основних характеристик наномодифікованих швидкотверднучих клінкер-ефективних бетонів багаторівневої структури на основі лужноактивованих композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю. Основну увагу приділено забезпеченню показників технологічності бетонних сумішей, швидкості набору міцності та фізико-механічних характеристик затверділого модифікованого бетону на основі мультимодального композиційного портландцементу зі зменшеною кількістю клінкеру. Використання запроєктованих автором складів бетонних сумішей з раціональним зерновим складом на основі лужноактивованих композиційних портландцементів забезпечує міцність бетонів у дводобовому віці понад 40 МПа, стандартному понад 80 МПа, а річному понад 100 МПа. Важливо, що такі бетони мають підвищені модуль пружності, водонепроникність та морозостійкість при значному зменшенні питомих витрат клінкеру на одиницю міцності бетону, отже зменшені енергозатрати та забруднення атмосфери. Автором отримані також високофункціональні бетони підвищеної жаростійкості на основі портландцементу з цеолітом, які характеризуються пониженим тріщиноутворенням при температурах до 500°C. Детальний аналіз суттєвого покращення структури отриманих бетонів сучасними ефективними методами, в тому числі на нанорівні, підтверджує закономірність отримання таких ефективних результатів. Поза увагою автора залишились актуальні питання щодо ефективності використання розроблених композиційних цементів у бетонах низької міцності, потреба в яких у конструкціях будівель і споруд є досить значною.

У шостому розділі представлено результати промислового випуску лужноактивованих композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю, впровадження наномодифікованих бетонів і сухих будівельних сумішей на їх основі.

У виробничих умовах ПрАТ «Івано-Франківськцемент» здійснено промисловий випуск партій цементів з високою ранньою міцністю зі значним економічним ефектом. Використанням товарних бетонів на основі лужноактивованих композиційних портландцементів, в тому числі з

підвищеною корозійною стійкістю при експлуатації в умовах дії агресивних середовищ отримано значний економічний ефект та скорочення викидів CO₂. Здійснено виготовлення залізобетонних пустотілих плит перекриття з використанням розробленого автором нанокompозиту за технологією безопалубного формування із забезпеченням необхідних відпускної та проектної міцності бетону при низькотемпературних режимах теплової обробки та скороченні часу витримування. Впроваджено наномодифіковані ультрависокофункціональні бетонні суміші на основі портландцементу з пуцоланою для ремонтних робіт внутрішнього футерування циклонів верхніх ступенів цементної печі із забезпеченням високої міцності через 1-2 доби тверднення, абразивної стійкості під час експлуатації в умовах високих температур до 400°C. У виробничих умовах випущено дослідні партії суміші сухої будівельної модифікованої на основі лужноактивованого декоративного цементу.

Основні наукові положення полягають у розробці наукових основ створення високоякісних лужноактивованих композиційних цементів з високою ранньою міцністю шляхом технологічної оптимізації мінеральних складників різного генезису та їх гранулометричного складу, а також поєднання лужних активаторів, наномодифікаторів та високоредуруючих полікарбонатних суперпластифікаторів для отримання швидкотверднучих клінкер-ефективних високофункціональних бетонів.

До **наукової новизни** одержаних автором результатів можна віднести також обґрунтування ролі поверхневих явищ у наносистемах на основі розробленої методології визначення кількісних залежностей полімодального диференційного та інтегрального розподілів частинок як за об'ємом, так і за питомою поверхнею; визначення принципів побудови технологічно-оптимізованих мультимодальних композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю при пониженому вмісту клінкеру; виявлення закономірностей та кількісних залежностей впливу лужно-сульфатного активатора, полікарбонатних суперпластифікаторів та наномодифікаторів на термодинамічні характеристики та міцність композиційних цементів, які є основою для розроблення нових складів високоякісних лужноактивованих портландцементних композицій з високою ранньою та стандартною міцністю різного функціонального призначення.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що на основі сформульованих теоретичних положень і експериментальних досліджень розроблено цілий ряд лужноактивованих композиційних цементів з високою ранньою міцністю для отримання наномодифікованих клінкер-ефективних бетонів різного функціонального призначення з високими експлуатаційними властивостями, впровадження яких забезпечує скорочення виробничого циклу, прискорення проведення ремонтних робіт, технічні, економічні, енергетичні та екологічні переваги. За результатами досліджень розроблено проекти технічних умов на композиційні цементи, на основі яких у виробничих умовах здійснено випуск клінкер-ефективних

товарних бетонів з покращеними технологічними та експлуатаційними властивостями для улаштування промислових площадок та спорудження залізобетонних конструкцій, проведено випуск наномодифікованого бетону для пустотілих плит перекриття за технологією безпрогрівного безопалубного формування, показано ефективність використання сульфатостійкого цементу з пуцоланою для виготовлення залізобетонних буроін'єкційних паль з підвищеною корозійною стійкістю. На основі запропонованих нових технологічних та технічних рішень використання розроблених цементів укладено ліцензійний договір з ПрАТ "Івано-Франківськцемент" на передачу патенту України.

Результати дисертаційної роботи також використано на ПрАТ «Івано-Франківськцемент» при розробленні складів наномодифікованих ультрависокофункціональних бетонів для проведення ремонтних і футерувальних робіт в умовах екстремального абразивного зносу при температурах до 400°C.

Отримані в дисертації теоретичні й методологічні результати використовуються в навчальному процесі при підготовці студентів та аспірантів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» у Національному університеті «Львівська політехніка».

Достовірність і новизну отриманих результатів досліджень, а також **обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується використанням сучасних стандартних та спеціально розроблених методик, сучасних методів фізико-хімічного аналізу, зокрема лазерної дифракції, калориметрії, рентгенівської дифрактометрії, оптичної та растрової електронної мікроскопії, термогравиметрії та ін. Фізичні, фізико-механічні та будівельно-технічні властивості лужноактивованих композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю та наномодифікованих бетонів на їх основі визначено згідно з чинними нормативними документами і загальноприйнятими методиками. Статистичний аналіз експериментальних результатів проводили з використанням апарату математичного планування експерименту. Отримані результати досліджень, висновки та рекомендації доповідалися на численних конференціях, підтверджені відомими результатами досліджень інших авторів та практичним використанням при промисловому виготовленні виробів за запропонованою автором технологією.

Основні результати дисертації досить повно викладені в 63 друкованих працях, у тому числі 23 статті у спеціалізованих виданнях України, 12 статей у виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази Scopus, 2 статті у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, 4 патенти (1 патент на винахід), 22 праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Автор систематично доповідала свої роботи на міжнародних конференціях та семінарах, починаючи з 2012 року.

Редакційний аналіз. Робота являє собою закінчену наукову працю й виконана на високому рівні з грамотним використанням сучасних ефективних методів дослідження та має достатній літературний огляд попередніх досліджень по даній тематиці.

Дисертаційна робота логічно побудована, написана чітко і ясно, проілюстрована графічними матеріалами й фотоматеріалами, виконаними на високому рівні.

Відповідність дисертації та автореферату встановленим вимогам. Дисертація та автореферат оформлені згідно з вимогами МОН України. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Результати кандидатської дисертації здобувача не виносяться на захист докторської дисертації.

Зміст автореферату і основних положень дисертації ідентичні, викладені чітко, грамотно.

Зауваження по дисертаційній роботі:

1. При формулюванні актуальності роботи (с. 23-24) слід відзначити не тільки «створення теоретичних засад», але і їх практичну реалізацію, а при визначенні значення цієї проблеми, крім аспектів економічного, екологічного і народногосподарського значення, доцільно доповнити також і енергозбереження, адже автор фактично вирішує в роботі всі ці проблеми.

2. При формулюванні завдань дослідження термін «дослідити» вживати не варто. Це шлях вирішення завдання. Необхідно формулювати, який результат планує отримати автор при реалізації поставленого завдання.

3. Чи варто вводити нестандартний термін «свіжого бетону» (с. 59), якщо є відповідний загальноприйнятий стандартний термін «бетонна суміш»?

4. Слід визначити конкретні межі вмісту клінкерної складової в запропонованих складах цементів, які використовуються для послідуочого отримання «малоклінкерної цементної матриці» Бажано розмежувати цементи та бетони за кількістю клінкерної складової в них.

5. Автор не надає результатів дослідження щодо необхідного захисту арматури від корозії при суттєвому зменшенні клінкерної складової в запропонованих видах цементів та зменшенні у складі цементного каменю вільного гідроксиду кальцію.

6. У роботі не наведено необхідних заходів щодо реалізації складних проблем транспортування, введення та рівномірного розподілення нанокремнезему в процесі виготовлення запропонованих складів цементу.

7. У розділі 5 (п. 5.3) наведено характеристики розподілення повітряних пор у наномодифікованих бетонах, при цьому показано взаємозв'язок між пористістю та тріщиностійкістю розроблених складів бетонів. В той же час, слід було також розглянути вплив порової структури на напружено-деформований стан бетону, що має важливе практичне значення для забезпечення тривалої безаварійної експлуатації будівель та споруд.

Відмічені недоліки не знижують цінності для науки і практики виконаної автором роботи. Вона є закінченою науковою працею, яка в повній мірі відповідає спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам. Дисертація Кропивницької Тетяни Павлівни «Лужноактивовані композиційні портландцементи з високою ранньою міцністю та наномодифіковані бетони на їх основі», є завершеною працею, яка присвячена вирішенню проблеми подальшого розвитку будівельної галузі згідно стратегії низьковуглецевого розвитку та має важливе народно-господарське значення. Автором розроблено наукові основи та забезпечена практична реалізація отримання лужноактивованих композиційних портландцементів з високою ранньою міцністю для клінкер-ефективних бетонів різного функціонального призначення. Запропоновані автором наномодифіковані швидкотверднучі бетони характеризуються покращеними показниками якості та високими експлуатаційними властивостями, а їх використання забезпечує суттєве зменшення викидів в атмосферу діоксиду вуглецю, зниження енергозатрат, а отже вирішення екологічних, енергетичних та економічних завдань.

За актуальністю, науковою новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю робота відповідає вимогам МОН України та пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які ставляться до робіт на здобуття доктора технічних наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., а її автор Кропивницька Тетяна Павлівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент:
завідувач кафедри «Будівельне виробництво та геодезія» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, д.т.н., професор

«16» квітня 2020 р.

