

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Борзяк Ольги Сергіївни

«Регулювання контактних взаємодій для підвищення стійкості в умовах експлуатації матеріалів на основі мінеральних в'язучих»,

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

Склад і структура дисертаційної роботи. Подана на відгук дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів основного матеріалу, загальних висновків, списку використаних джерел з 370 найменувань та 8 додатків. Дисертаційна робота викладена на 415 сторінках повного тексту, включає 90 рисунків і 29 таблиць. Робота оформлена згідно чинних вимог.

Актуальність теми. Одним з основних напрямків стратегії сталого розвитку в Україні є впровадження інноваційних перетворень у народному господарстві. При цьому гостро стоїть проблема підвищення ефективності будівництва, зокрема забезпечення довговічності будівельних матеріалів та конструкцій на їх основі, так як агресивні впливи, які спричиняють корозійне руйнування та інші пошкодження будівельних конструкцій і споруд, визначають вимоги до матеріалу в конструкції, захисному покритті в залежності від умов їх експлуатації. Для вирішення цього питання автором показано можливість управління процесами структуроутворення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих за рахунок регулювання контактних взаємодій в них з урахуванням електроповерхневих властивостей компонентів для забезпечення їхньої стійкості в умовах обводнення, впливу електричних струмів витоку, агресивних середовищ.

Актуальність теми підтверджується зв'язком її з галузевими програмами Міністерства освіти і науки України. Дисертаційну роботу виконано в межах цілого ряду держбюджетних науково-дослідних робіт, присвячених розвитку теоретичних та експериментальних основ визначення складів водонепроникного тріщиностійкого бетону для конструкцій і споруд залізниць (№ ДР 0113U001030), дослідженню впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колії на їх надійність і безпеку руху (№ ДР 0113U001031), розробці складів неорганічних матеріалів будівельного призначення на основі композицій системи $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ та $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ (№ ДР 0115U000277), отриманню нових корозійностійких композиційних силікатних матеріалів з високими гідрофізичними характеристиками (№ ДР 0115U000279) та ін. Роботи виконувались на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. У зазначених роботах автор була виконавцем і відповідальним виконавцем.

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

Основні наукові положення полягають у розвитку науково-концептуальних засад управління процесами структуроутворення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих, визначенню шляхів управління фізико-механічними та гідрофізичними властивостями композитів, що забезпечують їхню стійкість в умовах обводнення, впливу електричних струмів витоку, агресивних середовищ за рахунок регулювання контактних взаємодій в них з урахуванням електроповерхневих властивостей компонентів.

У якості наукової новизни слід відзначити встановлення автором закономірностей впливу електричної природи контактів та іон-іонних, іон-дипольних і диполь-дипольних взаємодій в них на фізико-механічні та гідрофізичні (водостійкість) властивості штучного каменю та композиційних матеріалів, впливу на дані показники балансу активної площі поверхонь дисперсних частинок, що мають негативний S^- і позитивний S^+ поверхневі заряди. У роботі доведено доцільність регулювання контактних взаємодій для підвищення стійкості в умовах обводнення, впливу електричних струмів витоку, агресивних середовищ матеріалів на основі мінеральних в'язучих шляхом уведення аніонних ПАР, електролітів з багатовалентними катіонами, добавок, що обумовлюють утворення додаткових кристалогідратів, високодисперсних мінеральних добавок, підвищення концентрації або зміни pH порового електроліту.

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується на представленому в роботі аналітичному і експериментальному матеріалах. Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений теоретичними та експериментальними дослідженнями.

У *вступі* наведено відомості щодо обґрунтованості обраної теми, мети та завдань досліджень, наукової новизни та практичної цінності роботи, апробації одержаних результатів, опублікування основних положень дисертації.

У *першому розділі* проведено огляд науково-технічної інформації щодо формування міцності та довговічності будівельних матеріалів на основі мінеральних в'язучих. Виконано аналітичний огляд досліджень руйнівних факторів на матеріали та конструкції і захисту від них. Автором акцентовано увагу, що важливе значення для аналізу стійкості в умовах експлуатації композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих має модель дисперсної системи, властивості якої визначають поверхневі явища та електроповерхневі властивості частинок її дисперсної фази і контакти між ними. На основі цього сформульовано наукову гіпотезу щодо підвищення стійкості в умовах експлуатації композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих за рахунок спрямованого регулювання контактних взаємодій складників та процесів гідратації з утворенням позитивно

заряджених кристалогідратів до досягнення відповідності сумарної площі поверхонь, що мають негативний і позитивний поверхневі заряди, для збільшення кількості електрогетерогенних контактів у цементуючій системі.

Разом з тим, у розділі 1.1 автор занадто деталізує описи механізмів структуроутворення при твердненні в'язучих з позицій фізико-хімічної механіки дисперсних систем, опираючись на роботи П.О. Ребіндера, О.П. Полака, В.Б. Ратінова та ін. В той же час, при розробці наукової гіпотези щодо формування міцності та водостійкості штучного каменю доцільно було врахувати вплив внутрішнього та зовнішнього продуктів гідратації цементних зерен згідно Х.Ф.У. Тейлора, а також кристалогідратів у міжзерновому просторі в залежності від водоцементного відношення на кількість електрогетерогенних контактів у цементуючій системі.

У *другому розділі* обґрунтовано методологічні принципи і напрямки досліджень щодо вибору хімічних і мінеральних добавок для композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих. Проаналізовано вплив хімічних та мінеральних добавок на підвищення гідрофізичних та фізико-механічних характеристик, тріщиностійкості, корозійної стійкості композитів. В той же час, у даному розділі відповідно до мети та поставлених завдань, слід було представити послідовність досліджень, яка могла бути відображена у загальній структурно-логічній блок-схемі.

У *третьому розділі* розглянуто моделі структур і контактів у композиційних матеріалах на основі мінеральних в'язучих, на прикладі цементного каменю розраховано енергії взаємодії для кожного виду контакту. Досліджено вплив кристалічної структури та умов утворення на електроповерхневі властивості матеріалів. Обґрунтовано можливість використання рентгенографічних методів досліджень в якості додаткового незалежного методу визначення електроповерхневого потенціалу мінералів. В розділі 3.1.3 наведено сутність рентгенівської дифрактометрії, проте автором не розглянуто, яким чином параметри елементарної комірки визначають найбільшу інтенсивність дифракційних максимумів, що має важливе значення для встановлення залежності між абсолютним електроповерхневим потенціалом та подвійним кутом найбільш інтенсивного дифракційного максимуму.

У *четвертому розділі* наведено результати фізико-хімічних досліджень, що відображають вплив комплексних хімічних та мінеральних добавок, а також різного роду волокон на процеси структуроутворення композиційних матеріалів та регулювання контактних взаємодій з урахуванням поверхневого заряду компонентів. Автором розроблено теоретичні та експериментальні основи отримання композиційних матеріалів із заданими властивостями – корозійною та електрокорозійною стійкістю, гідрофізичними та електрофізичними характеристиками, тріщиностійкістю. Важливе місце в даних дослідженнях відводиться високодисперсній крейди, проте не вказано як добавка крейди впливає на водопотребу цементних композитів.

У *п'ятому розділі*, базуючись на створених наукових засадах регулювання контактних взаємодій, розроблено композиційні матеріали із заданими фізико-механічними, гідро- та електрофізичними властивостями для зниження агресивних впливів на споруди. Показано, що підвищення водостійкості будівельного гіпсу досягається за рахунок введення мінерального наповнювача з негативним поверхневим зарядом і мікронаповнювачів з негативним і позитивним поверхневими зарядами. Автором розроблено склади корозійностійкої шпаклювальної композиції на основі рідкого скла та електропровідної композиції на портландцементі з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем. Встановлено кінетику набору міцності цементного каменю і бетону з добавками суперпластифікаторів і прискорювачів твердіння за різних температур. Досліджено вплив мінеральних добавок на властивості композитів. Разом з тим, слід також дослідити вплив використаних добавок на фазовий склад та мікроструктуру будівельних композитів.

Шостий розділ містить результати експлуатаційних випробувань і впровадження результатів досліджень. Результати роботи використано при розробленні матеріалів і конструктивно-технологічних рішень для ремонту конструкцій і споруд залізниць України, виробництві та реконструкції підрейкових основ електричного транспорту тощо.

В цілому, наведений аналіз результатів досліджень дозволяє зробити загальний висновок про те, що деякі висновки автора є дискусійними, проте основні наукові положення, які розробляються в розділах 3–5 дисертаційної роботи, є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих експериментальних результатах.

Загальні висновки по роботі чітко висловлені та аргументовані. Отримані наукові результати, що викладені в науковій новизні та у загальних висновках свідчать, що всі поставлені автором задачі виконані і мета роботи досягнута, тобто дисертація є завершеною науковою працею.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в розробленні та впровадженні нових композиційних матеріалів різного функціонального призначення: композиційні силікатні матеріали для ремонту, гідроізоляції і захисту конструкцій і споруд; склади бетону з хімічними та мінеральними добавками, що дозволили з мінімальними енерговитратами отримати бетони та вироби підрейкових основ залізниць із заданими властивостями; склад гіпсового в'язучого підвищеної водостійкості. Автором показано, що економічний ефект від впровадження результатів досліджень складає понад 5 млн. грн. за рахунок зниження енергоресурсовитрат на виробництво залізобетонних конструкцій, збільшення довговічності виробів і конструкцій, міжремонтних термінів експлуатації будівель та споруд. Практичне значення одержаних результатів підтверджується також їх використанням під час розроблення ДБН В.2.3-19:2018 «Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування», нормативних та інструктивних документів АТ «Укрзалізниця», у навчальному процесі під час удосконалення

курсів лекцій, практичних і лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти, магістрантів, аспірантів спеціальностей «Будівництво та цивільна інженерія» та «Залізничний транспорт».

Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі Борзяк О.С. забезпечені використанням у теоретичних дослідженнях сучасних наукових підходів та класичних положень і закономірностей фізико-хімічної механіки та будівельного матеріалознавства, достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень та випробувань. Достовірність підтверджується також достатньо високою збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень та випробувань, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати дисертації достатньо повно викладені у 69 наукових працях – 2 монографіях, 23 статтях у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 8 публікаціях у міжнародних періодичних виданнях, що індексуються НМБД WOS та Scopus, 2 патентах України, 22 публікаціях апробаційного характеру, 12 додаткових публікаціях.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації. Дисертація, анотації та автореферат оформлені згідно вимог МОН України. Напрямок, у якому виконана наукова кваліфікаційна праця, відповідає паспорту спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. Зміст автореферату є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи. Автореферат містить необхідну інформацію, яка дає достатнє уявлення сутності досліджень і отриманих результатів.

По роботі є наступні зауваження:

1. Розроблення фізичних та математичних моделей контактів у композиційних матеріалах, наведених у розділі 3, базується на закономірностях впливу електричної природи контактів та іон-іонних, іон-дипольних і диполь-дипольних взаємодій на реологічні, фізико-механічні та гідрофізичні властивості композитів. В той же час, слід враховувати структурно-фазовий стан на різних функціональних рівнях та ступені дисперсності порошкоподібних цементуючих матеріалів (питома поверхня, гранулометричний склад, кількісний розрахунок об'ємної частки меж розділення та ін.), що дозволяє виділити зміну термодинамічного стану, а також появу одночасно квантово-розмірних ефектів. При цьому слід також виділити взаємозв'язок електроповерхневих потенціалів дисперсних матеріалів із надлишковою поверхневою енергією.

2. Автором (розділ 3.1.3) виконано порівняння величин 2θ сполук, характерних для мінеральних в'язучих, з величинами їхнього абсолютного електроповерхневого потенціалу ψ^0 , визначеного розрахунково-

експериментальним методом. Виявлено (рис. 3.8, с. 142) емпіричну залежність між ψ^0 і 2θ найбільш інтенсивних дифракційних максимумів. Разом з тим, інтенсивність дифрагованого променя на рентгенограмі пропорційна до квадрату величини структурного фактора, що представляє інтегральну величину (по об'єму всієї елементарної комірки) факторів атомного розсіювання f_i та індексів hkl . Тому слід було пов'язати величину абсолютного електроповерхневого потенціалу з параметрами елементарної комірки досліджуваних речовин, а також з такими ефектами як текстура, адсорбція.

3. У розділі 3.2.2. представлено вплив генезису на електроповерхневі властивості природних матеріалів. На прикладі крейди показані форми адсорбції кремнезему на поверхні органогенних зерен крейди, які призводять до перезарядження поверхні. В той же час, на основі даних хімічного аналізу представлених зразків високодисперсної крейди з питомою поверхнею $S_{\text{пит}}=7300 \text{ см}^2/\text{г}$ (табл. 2.4) слід було розрахувати товщину плівки кремнезему на поверхні органогенних зерен кальциту. Доцільно також представити вплив комплексних добавок високодисперсної крейди та пластифікаторів різних типів на структуроутворення і міцність цементуючих композитів.

4. Автором (розділ 3.3.2) представлено баланс між сумарними площами поверхонь з різними за знаком електроповерхневими потенціалами та його регулювання за рахунок уведення хімічних добавок. Разом з тим, з результатів досліджень (табл. 3.7, 3.8) неясно, яким чином розраховані співвідношення продуктів гідратації з негативним (гелевих) і позитивним (кристалічних) продуктами гідратації $m_{\Gamma^-}/m_{\text{K}^+}$ і активних площ поверхонь з негативним і позитивним зарядами $S^-/3S^+$. Слід також вказати, яким чином визначались міцності на стиск f кальційсилікатних в'язучих речовин та масове співвідношення продуктів їх гідратації.

5. У розділі 4 представлено фізико-хімічні основи регулювання контактних взаємодій в композиційних матеріалах на основі мінеральних в'язучих, на основі яких обґрунтовано шляхи управління фізико-механічними та гідрофізичними властивостями композитів. При цьому основна увага приділяється дії солей електролітів та мінеральних добавок, зокрема показана можливість підвищення водостійкості композитів на основі будівельного гіпсу. В той же час, для гіпсових в'язучих слід було розглянути комплексний вплив неорганічних добавок та ПАР на будівельно-технічні властивості композитів (розділ 5.1), а також виділити роль явища адсорбційного модифікування кристалогідратів в процесах контактних взаємодій та формування мікроструктури таких композитів.

6. Автором показано вплив агресивних середовищ на контакти між дисперсними частинками в штучному камені. При цьому встановлені залежності рівноважних електроповерхневих потенціалів від pH середовища (рис. 4.27). В результаті розроблена концепція підвищення стійкості в умовах експлуатації матеріалів на основі мінеральних в'язучих шляхом регулювання контактних взаємодій. В той же час, ступінь агресивного впливу середовищ

експлуатації слід було класифікувати згідно ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії».

7. При участі автора розроблена безпропарювальна технологія виробництва залізобетонних шпал, яка забезпечена за рахунок оптимізації складу бетонної суміші та комплексної хімічної добавки суперпластифікатора нафталін-формальдегідного СП-1 та хлориду кальцію. При цьому міцність бетону дослідної партії шпал через 16 год природного тверднення складала 38,8-40,9 МПа, що відповідає нормативним вимогам до передаточної міцності (не менше 32 МПа). Разом з тим, в роботі не наведено міцність бетону через 28 діб тверднення та деформативні властивості під навантаженням. Слід порівняти в цінах 2021 р. економічну ефективність виготовлення бетону за безпропарочною та малопрогрівними («підпарювання») технологіями.

Наведені зауваження не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Загальний висновок щодо відповідності дисертаційної роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Борзяк О.С. за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною є завершеною науково-дослідною роботою, яка може бути кваліфікована як перспективний науковий напрям, містить нові наукові результати, що в комплексі вирішують науково-прикладну проблему щодо розроблення композиційних матеріалів з підвищеними показниками експлуатаційних властивостей – корозійною стійкістю, водостійкістю, водонепроникністю та ін. Дисертаційна робота Борзяк Ольги Сергіївни за актуальністю, достовірністю, новизною наукових положень, висновків і рекомендацій, їхньої значимості для науки і практики відповідає комплексу вимог МОН України та п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор – Борзяк Ольга Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри будівельного виробництва
Національного університету
«Львівська політехніка»

М.Саницький
Саницький М.А.

Особистий підпис д.т.н., професора М.А. Саницького
«засвідчую»

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»

Р.Б. Брилинський
Брилинський Р.Б.

