

ВІДГУК

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

Марківа Тараса Євгеновича

на дисертаційну роботу

Журавля Віталія Вікторовича

на тему: «Бетони і розчини на основі портландцементу зі зниженою проникністю для хлорид-іонів для транспортних споруд», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження.

Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю забезпечення довговічності та надійності залізобетонних конструкцій, які піддаються впливу агресивних середовищ. Корозія арматури, спричинена проникненням хлорид-іонів, карбонізацією бетону, дією морозу та електричних струмів, значно скорочує термін експлуатації таких споруд. Особливо вразливими є транспортні та гідротехнічні об'єкти, які постійно контактують із солями, реагентами та морською водою. Це призводить до зростання витрат на ремонт та обслуговування інфраструктури. Вивчення механізмів проникнення хлоридів та розвитку корозійних процесів є ключовим для розробки ефективних методів захисту. Оптимізація складу бетону шляхом введення добавок, що знижують його проникність, сприятиме підвищенню стійкості та довговічності конструкцій.

Обґрунтованість наукових положень і висновків.

Наукові положення, висновки та рекомендації, представлені в дисертаційній роботі, мають теоретичне обґрунтування та підтверджені експериментальними даними. Достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням стандартизованих підходів, апробованих методик і забезпеченою відтворюваністю експериментальних результатів.

Основні наукові положення та наукова новизна полягають у набутті подальшого розвитку уявлень про специфіку структуроутворення цементного каменю з карбонатними добавками різного походження, що проявляється у направленому формуванні кристалогідратів з анізотричною морфологією. Теоретично доведено та експериментально підтверджено, що введення карбонатних добавок внаслідок керованого формування структури цементного каменю призводить до зниження проникності бетонів і розчинів на основі портландцементу для хлорид-іонів. Вперше доведено, що додавання

карбонатних компонентів сприяє формуванню додаткових кристалогідратів, зокрема гідрокарбоалюмінатів кальцію, які мають позитивний поверхневий заряд. Структура капілярних стінок, утворених цими сполуками, створює електрокапілярний тиск, що ефективно перешкоджає дифузії хлорид-іонів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України: «Теоретичні та експериментальні основи визначення, прогнозування та забезпечення несучої здатності та довговічності транспортних споруд в умовах агресивних впливів» (2019-2021, ДР № 0119U100295); «Розвиток теоретичних основ і експериментальна перевірка нових ефективних способів підвищення несучої здатності та водонепроникності ґрунтів земляного полотна залізниць» (2020-2022, ДР № 0120U102065); «Теоретичні та експериментальні основи створення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих для захисту від електрокорозії і ремонту споруд залізничного транспорту» (2022-2023, ДР № 0122U002125).

Практичне значення. Розроблено «Спосіб поточного ремонту конструкцій мостів з рейковим електротранспортом цементними композиційними матеріалами стійкими до проникнення хлорид-іонів» та впроваджено в ТОВ «Будівельні технології України», який забезпечує підвищення довговічності конструкцій та зниження витрат на обслуговування внаслідок збільшення міжремонтного періоду експлуатації. Теоретичні положення та експериментальні результати застосовуються у навчальному процесі при підготовці студентів за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

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

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям дослідження щодо розроблення бетонів і розчинів на основі портландцементу зі зниженою проникністю для хлорид-іонів, які використовуються при будівництві транспортних споруд.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що робота Журавля Віталія Вікторовича є результатом самостійних досліджень здобувача та не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, 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, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 134 сторінки. Робота включає 5 таблиць, 41 рисунок, список використаних джерел із 130 найменувань та 3 додатків. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Аналіз основного змісту дисертації.

У першому розділі проведено глибокий аналіз літературних джерел, в яких досліджено механізми корозійного руйнування бетонних та залізобетонних конструкцій, що працюють в агресивних умовах, особливо при впливі хлоридів та електричних струмів. Визначено руйнівну дію агресивних середовищ, механізми хлоридної та сульфатної корозії, а також роль лужного середовища в захисті арматури. Показано втрату захисних властивостей арматури при зниженні рН бетону через карбонізацію чи дифузію агресивних іонів. Проаналізовано процеси вимивання сполук кальцію та прискорене руйнування конструкцій під впливом пульсуючого струму. Запропоновано наукову гіпотезу, згідно з якою підвищення корозійної стійкості досягається шляхом контрольованого структуроутворення цементного каменю з використанням карбонатних добавок, що створюють ефективний бар'єр для проникнення хлорид-іонів. Водночас в розділі є частина загальновідомої інформації, яку не варто було додавати.

Другий розділ містить опис методологічної бази дослідження та характеристики матеріалів, використаних в експериментальній частині роботи. Для оцінки структури та властивостей цементних композитів застосовано комплекс сучасних експериментальних та фізико-хімічних методів. Фізико-механічні випробування проведено відповідно до національних стандартів, колориметричний метод використаний для оцінки глибини проникнення хлорид-іонів, а електронно-мікроскопічний аналіз (SEM) для дослідження мікроструктури цементного каменю. Для вимірювання тепловиділення при гідратації цементних систем з карбонатними добавками використовували калориметричне дослідження. Процеси дифузії хлоридів моделювалися із застосуванням спеціально розроблених стендів, включаючи аналіз впливу електричного поля на проникнення агресивних іонів. Показано фізико-хімічні властивості використовуваних матеріалів, зокрема портландцементу та карбонатних мінеральних добавок різного походження, які частково замінювали портландцемент.

У третьому розділі показано можливість направленої структуроутворення цементного каменю для зменшення його проникності до хлоридів через введення карбонатних добавок. Проведено термодинамічний аналіз реакцій гідратації портландцементу, який показав участь карбонатів у іонообмінних процесах, сприяючи утворенню гідрокарбоалюмінатів кальцію, які здатні ефективно зв'язувати іони хлору. Встановлено, що карбонатні добавки змінюють тепловий ефект гідратації, стимулюючи утворення нових фаз, зокрема низькоосновних гідросилікатів кальцію та A_Fm-фаз, які підвищують щільність структури. Обґрунтовано механізм зменшення проникності бетону: сформовані карбонатними добавками фази із позитивним поверхневим зарядом створюють електрокапілярний опір для хлорид-іонів, обмежуючи їхню дифузію. Доведено, що регулювання дозування добавок та умов тверднення дозволяє отримати багаторівневу структуру цементного каменю з низькою пористістю та проникністю для хлоридів. Разом з тим, в підрозділі 3.3 стверджується про формування різних продуктів гідратації, але наводяться тільки результати електронно-мікроскопічних досліджень. Для підтвердження беззаперечного їх існування доцільно було провести дослідження методами рентгенофазового та диференційно-термічного аналізів.

Четвертий розділ містить експериментальну перевірку механізмів зниження проникності цементних композитів для хлоридів. Встановлено, що введення карбонатних добавок, зокрема крейди та вапняку, не погіршує міцність матеріалів, а навпаки, сприяє її зростанню на ранніх етапах твердіння за рахунок активної гідратації. Дослідження показали, що такі добавки зменшують глибину проникнення хлоридів до 2-3 разів, обмежуючи капілярну міграцію іонів Cl⁻, а утворення гідрохлоралюмінату кальцію ефективно фіксує деяку їх частину в структурі, знижуючи їхню активність. Спеціально розроблені стенди дозволили змодельовати вплив агресивного середовища та електричних струмів, що показало здатність модифікованих цементних композитів за рахунок електроповерхневого бар'єру і щільної матриці протидіяти електрохімічним процесам. Доведено, що карбонатні добавки знижують корозійний вплив хлоридів, що підтверджує ефективність їхнього використання для транспортних споруд як перспективного методу підвищення корозійної стійкості.

У п'ятому розділі підтверджено практичне значення отриманих наукових результатів у будівництві транспортної інфраструктури. Розроблені склади бетонів і цементних розчинів на основі портландцементу з карбонатними добавками демонструють високу корозійну стійкість під дією агресивних рідких середовищ і блукаючих струмів та знижену проникність до

хлорид-іонів, що важливо для довговічності конструкцій. Запропонована технологія поточного ремонту мостових споруд забезпечує збільшення міжремонтного періоду та зниження витрат на експлуатацію. Окрім практичного застосування, результати досліджень інтегровані у навчальний процес за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, сприяючи підготовці кваліфікованих фахівців.

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 в 14 роботах здобувача, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України, 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави, 3 статті у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus і 9 апробаційні публікації за матеріалами міжнародних науково-технічних конференцій, що можна вважати достатнім.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В розділі I, с. 32 є посилання на номери в списку використаних джерел, яких не існує. Так виглядає, що це, напевно, друкарська помилка.
2. На с. 39 використовується термін «цементна паста», який не вживається в загальноприйнятій українській термінології. Це, скоріш за все, невиправлений переклад англійського словосполучення «cement paste», що в перекладі на українську термінологію означає «цементне тісто».
3. В п. 3.5, с. 71 стверджується, що захисні властивості бетону по відношенню до арматури обумовлені підтримкою pH розчину нижче 11,8, що виглядає на друкарську помилку, тому що немає нижньої межі pH , а загальновідомо, що при pH середовища навіть близьких до нейтрального вже стан арматури нестабільний і може проявлятися корозія.
4. В розділі 4, с. 77 стверджується, що склад розчинів був прийнятий відповідно до ДСТУ EN 196-1:2019, табл. 4.1, але згідно цього стандарту В/Ц приймається 0,5, а не 0,4, яке наведено в цій таблиці. Недоцільно також в цьому розділі наводити рисунок, що ілюструє визначення консистенції свіжого розчину за допомогою струшувального столика. Це загальновідома процедура, тому, якщо все ж наводити рисунок, то краще це зробити у другому розділі.
5. Незрозуміло, чому для досліджень використовувався саме портландцемент композиційний з гранульованим доменним шлаком Ш та вапняком В ПЦ ІІ/А-К(Ш-В)-500Р-Н, в якому його частина замінювалася на мінеральний компонент тої ж самої природи, а саме

карбонат кальцію, який вже є в цьому портландцементі. На думку офіційного опонента доцільніше було б використати портландцемент без добавок ПЦ І.

В тексті дисертації є 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 Журавля В. В. на тему «Бетони і розчини на основі портландцементу зі зниженою проникністю для хлорид-іонів для транспортних споруд» за актуальністю, обсягом виконаних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичної цінності, повнотою викладу результатів досліджень у наукових публікаціях є завершеною науковою працею, відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам, які передбачені наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) і «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 січня 2022 року (зі змінами). Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи та актуальність наукових досліджень вважаю, що її автор, Журавель Віталій Вікторович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:

доцент кафедри будівельного виробництва
Інституту будівництва та інженерних систем
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктор технічних наук, доцент

Марків Т.Є.

Особистий підпис доцента, доктора технічних наук Т.Є. Марківа
засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Брилиський Р.Б.