

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію  
Бардаха Олександра Юхимовича

«Довговічність бетону в умовах дії сульфатних розчинів і температури»,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироботи

**Структура та обсяг дисертації.** Представлена дисертаційна робота складається з анотації, списку опублікованих праць за темою дисертації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. Загальний обсяг дисертації 164 сторінки, обсяг основного тексту – 4,625 авторських аркуша, в тому числі 48 таблиць, 44 рисунки, список використаних джерел із 118 найменувань.

Автором вирішується **актуальна наукова задача** прогнозування довговічності бетону і залізобетону під впливом агресивних сульфатних розчинів шляхом розроблення математичної моделі для опису процесу розвитку сульфатної корозії з урахуванням температури середовища і його впливу на довговічність конструкції.

Дисертація виконана на кафедрі залізобетонних і кам'яних конструкцій ДВНЗ ПДАБА відповідно до 4 науково-дослідних робіт (№ держреєстрації (ДР) 0111U000455, 2011-2012 рр., № ДР 0113U00129, 2013-2014 рр., № ДР 0115U000218, 2015–2016 рр., № ДР 0119U100608, 2019-2020 рр.), в яких здобувач брав участь як виконавець.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, фахово сформульовані мета, завдання, методи, об'єкт і предмет досліджень, визначені наукова новизна та практичне значення одержаних результатів; вказано особистий внесок здобувача, а також відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** автором детально розглянуто основні принципи та вимоги щодо проектування залізобетонних конструкцій за критерієм довговічності. Проведено критичний аналіз робіт вітчизняних та зарубіжних учених, які присвячені питанням дослідження механізмів, аналітичному опису та математичному моделюванню процесу сульфатної корозії бетону. Особливу увагу приділено проблемі прогнозування довговічності бетону в умовах сульфатної корозії та корозії арматури. Зокрема відзначено, що для забезпечення необхідної довговічності залізобетонних конструкцій потрібна розробка захисних заходів із урахуванням впливу агресивного середовища, в тому числі при підвищених температурах навколишнього середовища. А одним із ефективних варіантів забезпечення сульфатостійкості бетону є застосування активних компонентів бетонної суміші, серед яких заповнювачі на основі карбонатних порід. За результатами проведеного аналізу сформульовані мета і завдання досліджень.

У **другому розділі** автором удосконалено математичну модель сульфатної корозії бетону шляхом введення ефективного коефіцієнту

Вр. №4 - 05/83

15.04.2021

дифузії, що залежить від температури. Отримана модель дозволяє врахувати всі основні особливості процесів корозії бетону при впливі сульфатів та достатньо точно описати закономірність розподілу пов'язаних сульфат-іонів і відносної міцності бетону. Використання такої моделі дозволяє на основі визначених параметрів середовища експлуатації виконувати підбір параметрів первинного захисту, а саме: склад бетону, водо-цементне співвідношення, товщину захисного шару тощо. Установлено, що довговічність залізобетонної конструкції істотно нелінійно залежить від міцності і товщини захисного шару бетону, а також його щільності.

У третьому розділі приводиться аналітична модель розподілу температури ґрунту по глибині, яка враховувалася при прогнозуванні довговічності бетону конструкцій, що експлуатуються в ґрунтах. Сформульовано рівняння теплового балансу ґрунту, що включає довгохвильове та короткохвильове випромінювання, теплопровідність ґрунту, конвективний теплообмін та ефект випаровування. Наведено приклад використання запропонованої моделі для прогнозування довговічності бетону захисного шару в умовах сульфатної корозії в ґрунті з урахуванням температури середовища на прикладі залізобетонної палі квадратного поперечного перерізу.

У четвертому розділі наведено результати довготривалих експериментальних досліджень корозійної стійкості бетону в рідкому сульфатному середовищі. Підтверджено позитивний вплив карбонатного піску і пилоподібних частинок на сульфатостійкість бетону за результатами експериментальних досліджень, які проводилися в лабораторії ДВНЗ ПДАБА на протязі 30 років. Автором доведено, що шляхом підбору товщини захисного шару та складу бетону, а також враховуючи реальні температури експлуатації та характеристики агресивного сульфатного середовища, можливо проектувати конструкції із заданим терміном експлуатації.

У п'ятому розділі проведено оцінювання техніко-економічної ефективності антикорозійного захисту залізобетонних конструкцій в умовах сульфатної корозії з урахуванням температури середовища за двома варіантами мілкого наповнювача бетонної суміші, з якої виготовляються палі. Автором підтверджено, що застосування бетону на карбонатному піску для улаштування пальового фундаменту дозволяє знизити вартість бетону на його виготовлення на 8 %, порівняно з використанням бетону на кварцовому піску.

Таким чином, на основі проведених досліджень автором отримані **нові наукові результати**, основними з яких є:

- вперше розроблено математичну модель сульфатної корозії бетону з урахуванням температури середовища, запропоновано аналітичну модель розподілу температури ґрунту по глибині та отримано дані щодо довговічності бетону захисного шару в умовах сульфатної корозії в ґрунті;

- одержано експериментальні дані про довговічність бетону в умовах сульфатної корозії та вплив карбонатних заповнювачів на сульфатостійкість бетону, а також залежності кінетики сульфатної корозії бетону від характеристик зовнішнього середовища та хіміко-мінералогічного складу бетону.

Основне практичне значення отриманих результатів полягає в наступному.

Запропоновану методику прогнозування довговічності бетону захисного шару в умовах сульфатної корозії в ґрунті з урахуванням температури середовища можна використовувати при проектуванні і призначенні параметрів бетону захисного шару залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в рідких агресивних середовищах.

Результати досліджень використані в навчальному процесі ДВНЗ ПДАБА при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою програмою «Промислове та цивільне будівництво» при викладанні спеціального курсу «Рациональне проектування залізобетонних конструкцій».

**Достовірність і новизну** отриманих результатів досліджень, а також **обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій** автор підтвердив проведеними ефективними теоретичними дослідженнями, зокрема використанням ефективного математичного апарату, та коректними надійними довготривалими експериментальними дослідженнями, а також узгодженістю результатів теоретичних та експериментальних досліджень з експлуатаційними випробуваннями.

**Основні результати дисертації досить повно викладені** у 16 наукових працях, у тому числі 6 статтях у наукових фахових виданнях України, 1 статті у закордонному фаховому виданні, яке включено до наукометричної бази Web of Science, 1 публікації, яка засвідчує апробацію матеріалів дисертації, та 8 публікаціях, які додатково відображають наукові результати дисертації (6 статтях у наукових фахових виданнях України, 2 колективних монографіях).

Автор систематично доповідав свої роботи на конференціях та семінарах, в тому числі міжнародних, починаючи з 2013 року.

#### **Редакційний аналіз.**

Робота являє собою закінчену наукову працю й виконана на високому рівні із грамотним використанням сучасних ефективних теоретичних та довготривалих експериментальних методів досліджень. Робота побудована за класичним принципом – теорія, експеримент, впровадження. В роботі є достатній літературний огляд попередніх досліджень за даною тематикою.

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 п.п. 3, 4, 5, 6 напрямів досліджень згідно з паспортом спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

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

**Зауваження.**

1. У висновку 5 до розділу 2 автор стверджує, що вирішальне значення для підвищення довговічності залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в умовах можливої сульфатної корозії, мають підвищення міцності при розтягу в захисному шарі, поряд зі щільністю бетону. Варто також відзначити, що використання сульфатостійких цементів мають не менше значення.

2. Дискусійною є пропозиція автора на с. 82 щодо підвищення якості бетону в захисному шарі за рахунок збільшення витрат цементу. Для бетонів, які експлуатуються в умовах можливої сульфатної корозії, краще використовувати наповнювачі, які зв'язують гідроксид кальцію у нерозчинні сполуки.

3. У табл. 3.7 характеристики міцності треба надавати за діючими стандартами.

4. Крім перерахованих на с. 109 переваг карбонатних заповнювачів та наповнювачів для бетонів, ці породи мають менший і більш близький до цементного каменю модуль пружності, ніж породи на основі кварцу. А тому у бетонах із карбонатними заповнювачами та наповнювачами менша концентрація напружень, а відповідно вища тріщиностійкість.

5. Пропозиції автора на с. 140 щодо зменшення діаметра палі з 350 до 330 мм складно реалізувати. Діаметри шнекових бурів випускаються з кроком 50 мм.

6. Останнім часом проводяться дослідження щодо суттєвого зменшення клінкеру у складі цементу. Чи можуть застосовуватися результати досліджень автора щодо прогнозування сульфатостійкості бетонів на основі таких цементів?

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 Бардаха Олександра Юхимовича «Довговічність бетону в умовах дії сульфатних розчинів і температури», представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби, є завершеною працею, в якій розроблено математичну модель сульфатної корозії бетону з урахуванням температури середовища, запропоновано аналітичну модель розподілу температури ґрунту по глибині та отримано дані щодо

довговічності бетону захисного шару в умовах сульфатної корозії в ґрунті, а також залежності кінетики сульфатної корозії бетону від характеристик зовнішнього середовища та хіміко-мінералогічного складу бетону.

Дисертація Бардаха Олександра Юхимовича «Довговічність бетону в умовах дії сульфатних розчинів і температури» в повній мірі відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент:

професор кафедри “Будівельне  
виробництво та геодезія”  
Дніпровського національного  
університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна,  
д.т.н., професор

