

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента на дисертаційну роботу

Наджафова Ельшада Фаїг огли

«Бетонні опорні конструкції з неметалевим армуванням для ЛЕП і контактних мереж», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Актуальність теми дисертаційної роботи

Електрифіковані залізниці являють собою складні багаторівневі системи, що складаються з великого числа пристроїв, серед яких найважливіше місце займає контактна мережа. Одним з основних елементів контактної мережі є опори, що забезпечують задане положення контактної підвіски над залізничними коліями, і, завдяки чому, стає можливою передача електроенергії рухомому складу. Після того, як почалось застосування залізобетонних опор виникла проблема, забезпечення надійності цих конструкцій. Електрокорозійні пошкодження залізобетонних опор контактної мережі з попередньо напруженою дротяною сталевую арматурою є однією із суттєвих проблем на електрифікованих ділянках постійного струму. Дисертаційна робота Наджафова Ельшада Фаїг огли присвячена розробці теоретичних та експериментальних основ підвищення надійності, довговічності та ресурсу опор контактної мережі залізниць із бетону, зокрема розробці альтернативних конструкцій бетонних опор з корозійностійкою композитною арматурою, та оцінці їх несучої здатності є актуальним завданням.

Актуальність теми також підтверджується тим, що робота виконана у складі держбюджетної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України «Теоретичні та експериментальні основи створення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих для захисту від електрокорозії і ремонту споруд залізничного транспорту» (ДР № 0122U002125), грантової теми Університету Західної Шотландії і УкрДУЗТ «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (ДР № 0123U102700).

Тому можна стверджувати, що тема рецензованої дисертаційної роботи є дійсно актуальною і відповідає науковому рівню дослідження та вказаному напрямку спеціальності.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Детальний аналіз представленої на розгляд дисертаційної роботи Наджафова Ельшада Фаїг огли «Бетонні опорні конструкції з неметалевим армуванням для ЛЕП і контактних мереж» дозволяє констатувати, що наукові положення, висновки й рекомендації, які представлені в роботі, характеризуються повнотою дослідження, послідовною та логічною структурною побудовою, що свідчить про цілісність дослідження.

Метою дослідження є теоретичні та експериментальні основи підвищення надійності, довговічності та ресурсу опор контактної мережі залізниць із бетону.

В роботі розглядається низка актуальних питань, пов'язаних з надійністю, довговічністю, ресурсом опор контактної мережі залізниць із бетону, зокрема, кінетикою нейтралізації та інших видів корозії залізобетонних конструкцій кільцевого перерізу для прогнозування їх остаточного ресурсу, несучою здатністю опор із бетону з композитною арматурою як альтернативи уразливим для електрокорозії залізобетонним опорам.

Достовірність отриманих в дисертації наукових результатів підтверджується коректним формулюванням завдання, обґрунтованим застосуванням методів розрахунків, стандартних та оригінальних методів досліджень та вимірювань, статистичною обробкою отриманих результатів, збіжністю теоретичних, розрахункових, експериментальних результатів.

Наукова новизна отриманих результатів

До наукової новизни одержаних автором результатів можна віднести таке:

1. Вперше встановлено, що нейтралізація $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вуглекислим газом відбувається через розчинення CO_2 , у поровому електроліті, кінетика просування фронту карбонізації визначається розчиненням і дифузією молекул CO_2 крізь нього, реакційна здатність щільного центрифугованого бетону визначається об'ємом доступних для води пор a , отже, водопоглиненням бетону, величини ефективного коефіцієнту дифузії CO_2 в бетоні з часом зменшуються за рахунок колюматації порового простору кальцитом.

2. Розвинене уявлення про вплив чинників на довговічність залізобетонних конструкцій, зокрема, встановлено, що для залізобетонних

центрифугованих опор контактної мережі найбільш впливовим чинником є товщина захисного шару.

3. Розвинене уявлення про напружено-деформований стан конструкцій із бетону, армованих композитною арматурою. Вперше отримано скінчено-елементну модель конічної кільцевого перерізу конструкції із бетону, армованого попередньо-напруженою композитною арматурою, та закономірності розподілу в ній деформацій і напружень від її згину. Встановлено, що за однакових із залізобетонною конструкцією перерізом арматури та натягом арматурного пакету конструкція з композитною арматурою має меншу несучу здатність за другою групою граничних станів.

Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений експериментальними дослідженнями.

Практичне значення результатів дослідження

Практичне значення запропонованих результатів полягає у розробці методики прогнозування залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій кільцевого перерізу, які зазнають впливу агресивних середовищ, у т.ч. опор контактної мережі на залізниці Азербайджану. Розроблені конструкції роздільної металевої опори контактної мережі на буронабивному фундаменті із бетону з композитною арматурою включені в проект держаних будівельних норм України.

Слід також відзначити впровадження отриманих в дисертаційній роботі теоретичних положень і практичних результатів в навчальний процес УкрДУЗТ для дисциплін, що викладаються магістрам та аспірантам спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія.

У додатку до дисертаційної роботи включені документи, які підтверджують фактичне використання науково-практичних результатів.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 11 наукових працях: 4 статті у фахових виданнях України категорії Б, 1 стаття у виданні, що індексуються НМБД Scopus, 1 додаткова стаття у фаховому виданні України категорії Б, 2 описи до заявок на видачу патентів на корисну модель та винахід і 3 апробаційні публікації за матеріалами міжнародних науково-технічних конференцій. Зміст публікацій відповідає темі та етапам

проведених досліджень. Вказаний особистий внесок автора в кожній публікації. Рівень апробації відповідає умовам, що висуваються МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктор філософії.

Структура дисертаційної роботи та відповідність встановленим вимогам

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи становить 227 сторінок, у т. ч. основний текст займає 120 сторінок. Робота містить 85 рисунків, 34 таблиці та 6 додатків. Список використаних джерел налічує 98 найменувань.

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи, а також містить необхідну інформацію, яка дає достатнє уявлення сутності досліджень і отриманих результатів. Це дозволяє скласти загальне уявлення про об'єм і зміст дисертаційної роботи.

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

У першому розділі проведено огляд науково-технічної інформації з особливості конструкції, технології виробництва та умов експлуатації залізобетонних конічних центрифугованих опор контактної мережі на залізницях Азербайджану та України. Проаналізовані питання корозії бетону і довговічності залізобетонних конструкцій. Визначено що найбільш руйнівним фактором для залізобетонних опор контактної мережі залізниць може бути вплив струмів витоку у разі електрифікації постійним струмом.

На підставі проведеного огляду висунуто робочу гіпотезу дисертаційної роботи. Для досягнення мети і доказу гіпотези сформульовано завдання досліджень.

У другому розділі представлені характеристики матеріалів та методи досліджень. Для оцінки можливості протікання реакцій карбонізації в рідкій або газоподібній фазі запропоновано застосувати термодинамічні розрахунки з оцінкою можливості протікання величинами їх вільної енергії Гіббса та константи рівноваги. Розроблені методики прогнозування залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій кільцевого перерізу, що зазнають агресивного впливу, дослідження зчеплення бетону з композитною і сталевую

дротяною арматурою тощо. Порівняння несучої здатності опор контактної мережі залізниць із бетону, армованого композитною та сталевую арматурою передбачено шляхом проведення розрахункового експерименту з аналізом напружено-деформованого стану опор контактної мережі із застосуванням методу скінчених елементів і програмного комплексу ЛІРА-САПР.

Прийняті в дослідженнях матеріали та методики досліджень спрямовані на вирішення поставлених конкретних завдань, сформульованих відповідно до мети досліджень.

У третьому розділі розглянуті теоретичні основи підвищення надійності, довговічності та ресурсу опор контактної мережі залізниць. Виконано термодинамічний аналіз реакції нейтралізації бетону захисного шару вуглекислим газом та теоретичний аналіз процесу карбонізації та кінетики просування її фронту до арматури в бетоні. Встановлено, що для карбонізації щільного центрифугованого бетону реакційна здатність бетону визначається об'ємом доступних для води пор (водопоглинанням бетону). Для визначення реакційної здатності бетону запропоновано нове рівняння. Вперше отримано скінчено-елементну модель кінцевої кільцевої перерізу конструкції із бетону, армованого попередньо-напруженою композитною арматурою, та закономірності розподілу в ній деформацій і напружень. В результаті аналізу напружено-деформованого стану скінчено-елементних моделей встановлено, що за умови однакових із залізобетонною опорою контактної мережі перерізу арматури та натягу арматурного пакету опора з композитною арматурою не забезпечує потрібну несучу здатність стояка через менший у 5,4 рази модуль пружності композитної арматури порівняно зі сталевую. Забезпечення потрібної несучої здатності є можливим за рахунок збільшення перерізу арматури та натягу її пакету.

У четвертому розділі визначені результати проведення експериментальних в досліджень впливу факторів на кінетику карбонізації та довговічність опор контактної мережі, досліджень з верифікації результатів розрахунків напружено-деформованого стану методом скінчених елементів та порівняльні дослідження зчеплення бетону з композитною і сталевую дротяною арматурою. В результаті проведених експериментальних досліджень набули подальшого розвитку уявлення про вплив чинників на довговічність залізобетонних конструкцій, зокрема, встановлено, що для залізобетонних центрифугованих опор контактної мережі найбільш впливовим чинником є товщина захисного шару. Встановлено, що за однакових із залізобетонною конструкцією перерізом арматури та натягом арматурного

пакету конструкція з композитною арматурою має меншу несучу здатність за другою групою граничних станів.

У **п'ятому розділі** наведено результати впровадження досліджень. Розроблену методику прогнозування залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій кільцевого перерізу, які зазнають впливу агресивних середовищ апробовано на залізобетонній трубі коксохімічного виробництва. В результаті аналізу напружено-деформованого стану конструкції встановлені найбільш небезпечні зони конструкції та гранична допустима глибина просування фронту корозії, після якої ймовірність досягнення граничного стану стане високою. Розроблена методика прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих залізобетонних опор контактної мережі впроваджена на залізниці Азербайджану. Розроблено конструкцію шпали із бетону з композитною арматурою для електрифікованих ділянок залізниці та технологію її виготовлення. На основі результатів досліджень розроблено конструкцію оцинкованих металевих телескопічних опор контактної мережі на буронабивних фундаментах із бетону з композитною арматурою і технологію установлення таких конструкцій. Розроблена конструкція включена в проєкт державних будівельних норм України ДБН В.2.1-XX:200X «Залізниці колії 1435 мм. Норми проектування».

Впровадження результатів досліджень забезпечує соціально-економічний ефект від збільшення ресурсу (довговічності) опор контактної мережі залізниць, підвищення їх надійності та забезпечення безпеки руху.

У **загальних висновках** підсумовано всі вагомі результати, що отримані у дисертаційній роботі. Загальні висновки відповідають поставленій меті та задачам досліджень, відрізняються конкретністю викладання, відображаються результатами експериментів, наведеними у роботі.

У відповідності до встановлених норм в тексті дисертації присутні посилання на використані джерела, особисті здобутки і напрацювання автора сформульовані у висновках до кожного розділу.

В цілому, наведений аналіз роботи дозволяє зробити висновок про те, робота написана чітко, виразно, строгою науковою мовою. Наукова новизна, висновки, пропозиції і рекомендації мають достатній рівень обґрунтованості, супроводжуються методичним і статистичним матеріалом. Стиль викладення матеріалу відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень автора. Суттєвих зауважень щодо правопису немає.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних ілюстративних спотворень не виявлено. Тому можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

Окремі дискусійні питання та зауваження:

1. В назві дисертації слід було навести повне назву умовного позначення «ЛЕП». Також і в подальшому використанні в тексті дисертацій умовного позначення «ЛЕП», не наведено його назву.

2. «Предмет дослідження – опори контактної мережі та ЛЕП залізниць із бетону з попередньо напруженою дротяною сталевую та композитною арматурою» можливо слід було доповнити «та інші бетонні конструкції кільцевого перерізу» тому що розділі 5.1 апробація і впровадження методики прогнозування залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій кільцевого перерізу, які зазнають агресивних впливів здійснювалась на залізобетонній димовій трубі коксохімічного виробництва.

3. Незрозуміло, чому в розділі 3.2 «Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану попередньо напружених опор контактної мережі із бетону, армованих сталевую дротяною та композитною арматурою» та висновках до розділу 3, автором замість назви «опора контактної мережі» використовується назва «стояк».

4. Для проведення експериментальних досліджень з верифікації результатів розрахунків напружено-деформованого стану методом скінчених елементів автором були виготовленні бетонні балки (моделі) з армуванням двома композитними стержнями або двома пучками сталевого дроту. Як видно із таблиці 2.6 середнє значення границі міцності бетону для виготовлення зразків дорівнює 33,4 МПа, що відповідає класу бетону – С20/25. Однак клас бетону опор контактної мережі дорівнює – С32/40.

5. В висновках до розділу 4 автором відзначено, що найбільш впливовим фактором зі ступенем впливу 87 %, що визначає тривалість карбонізації захисного шару бетону та довговічність опор контактної мережі, є товщина захисного шару. Слід було навести, вплив ще яких факторів може впливати на карбонізацію захисного шару бетону.

Наведені зауваження не знижують наукову та практичну цінність дисертації, не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Загальний висновок

Ретельне вивчення всіх розділів дисертації здобувача та опублікованих ним наукових праць дає підстави для висновку щодо обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційного дослідження і його відповідності критеріям, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а також Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 а її автор – Наджафова Ельшад Фаїг огли, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 – Архітектура та будівництво.

Офіційний рецензент

доцент кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд
Українського державного університету
залізничного транспорту
кандидат технічних наук, доцент



Олег КАЛІНІН

« 4 » серпня 2025 року



Особистий підпис Олега КАЛІНІНА
засвідчую 04.06.2025 р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ Канц. Євгенія ЧЕЛОМБІТЬКО