

Рецензія
на дисертаційну роботу МУРИГІНА Максима Андрійовича
«Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт»
(галузь знань «27 Транспорт»)

Актуальність теми дисертації

Представлена дисертація здобувача Муригіна Максима Андрійовича «Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою» присвячена вирішенню актуальної проблеми підвищення ресурсу роботи залізничних шпал шляхом заміни звичайної сталеві арматури на композитну.

Композитна арматура у порівнянні зі звичайною сталеві має ряд переваг, такі як: захищеність полімеру бетоном від ультрафіолетового випромінювання, високу корозійну стійкість арматури. Використання композитної арматури дозволить знизити вимоги до тріщиностійкості шпал і зменшити зусилля попереднього натягу або відмовитись від нього. Це дозволить оптимізувати вимоги до ранньої міцності бетону, зменшити ушкоджувальність шпал при експлуатації за рахунок зниження напруг, що розтягують, у поперечному напрямку.

Актуальність теми підтверджується її зв'язком з планами науково – дослідних робіт Українського державного університету залізничного транспорту. Зокрема, робота виконувалась на кафедрі залізничної колії і транспортних споруд у складі грантової науково-дослідної роботи у рамках UUK і UK-Ukraine R&I twinning grant, Project #11150 «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (2023-24, ДРН№ 0123U102700), зокрема її робочого пакету III «Залізничні шпали», а також держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України: «Теоретичні та експериментальні основи створення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих для захисту від електрокорозії і ремонту споруд залізничного транспорту» (2022–2023, ДРН№ 0122U002125), «Теоретичні та експериментальні основи створення стійких до електричних і динамічних впливів бетонних виробів з композитною арматурою для будівництва та відновлення електрифікованих ділянок залізниць» (2026, ДРН№0126U002127).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертаційне дослідження Муригіна Максима Андрійовича виконане на актуальну тему і містить нові науково-обґрунтовані теоретичні й практичні результати, що в сукупності вирішують актуальне науково-технічне завдання щодо створення залізничних шпал із бетону з композитною арматурою.

Представлене дисертаційне дослідження вирізняється комплексним підходом до вирішення поставленої задачі. Здобувач забезпечує чітку відповідність між поставленими задачами і отриманими результатами.

Дослідження характеризується чіткою послідовністю від виконаних теоретичних розрахунків і отримання необхідних результатів до проведення експериментальної перевірки цих показників.

Висновки гуртуються на застосуванні принципів і комплексу методів наукових досліджень: вивчення проблеми, тобто її аналіз; комп'ютерне моделювання методом скінченних елементів напружено-деформованого стану шпал з аналізом полів напружень у шпалі; експериментальні дослідження на зразках; графічне представлення даних та їх обробка математичними методами.

Наукова новизна, отримана в дисертаційній роботі

В результаті вирішення завдання дисертаційного дослідження було сформульовано наукові результати і висновки, які сумарно підтверджують досягнення поставленої мети:

1. набули подальшого розвитку уявлення про роботу і напружено-деформований стан під поїзним навантаженням шпал із бетону зі сталевією дротяною та композитною базальтопластиковією арматурією, в яких попередньо напруженим є весь пакет арматури;

2. вперше отримано залежності максимальних значень напружень у бетоні шпал з композитною арматурією під поїзним навантаженням від зусилля натягу арматурного пакету, діаграми деформування моделей таких шпал з різними зусиллями попереднього натягу арматурного пакету;

3. набули подальшого розвитку уявлення про електричні властивості, корозійну та електрокорозійну поведінку шпал із бетону з композитною базальтопластиковією арматурією;

4. вперше встановлено, що заміна сталевієї дротяної арматури композитною обумовлює збільшення електричного опору шпали у 6–16 раз, проте призводить до електроміграційного вилуговування бетону під впливом струмів витоку, для запобігання якому доцільно підвищення щільності а, отже, класу бетону.

Практичне значення результатів

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні теоретичних та експериментальних основ для конструювання, виробництва та експлуатації шпал із бетону з композитною арматурією, які матимуть кращі експлуатаційні якості порівняно зі шпалами зі сталевією дротяною арматурією, а також у наданні відповідних знань майбутнім фахівцям галузі шляхом впровадження в начальний процес.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Результати дисертаційного дослідження апробовані на: International

Conference on Urban Infrastructure Sustainable Development and Renovation (MistoBud-2025, MistoBud-2024, Харків), Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Харків, 2025); Міжнародних науково-технічних конференціях «Структурування та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій» (Одеса, 2025, 2024); 10 Міжнародної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (ТрансБуд-2024, Харків); II Всеукраїнській науково-практичній конференції «ВІМ-технології в будівництві: Досвід та інновації» (Харків, 2023); 82 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2023); Міжнародній науково-технічній конференції «Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі» (Харків, 2022).

За матеріалами дисертації опубліковано 20 наукових праць. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 7 наукових статтях, з яких 4 у фахових виданнях України категорії Б, 3 статті у виданнях, що індексуються НМБД Scopus, а також у 9 працях апробаційного характеру. Результати досліджень додатково відображені у 2 описах до патентів на корисну модель і 2 описах до заявок на винаходи.

Оцінка змісту та оформлення дисертації, її завершеність

Дисертаційне дослідження Муригіна М.А. повністю відповідає освітньо – науковій програмі спеціальності 273 «Залізничний транспорт» третього (освітньо - наукового) рівня вищої освіти. Робота побудована за стандартною структурою та складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Загальний обсяг роботи становить: 257 сторінок, у т. ч. основний текст займає 188 сторінок. Матеріали дисертації проілюстровано 95 рисунками, 29 таблицями та містять 6 додатків. Список використаних джерел налічує 120 найменувань.

Розділи дисертації оптимальні за обсягами. Мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження узгоджені між собою, що забезпечує високий рівень отриманих результатів і логічність викладення матеріалу. Дисертаційна робота виконана в логічній послідовності, широко охоплює та глибоко опрацьовує поставлену проблему і містить дієві пропозиції щодо її вирішення.

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, доведено актуальність розглянутої теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами та планами, сформульовано мету, об'єкт і предмет дослідження, наведено завдання дослідження, викладено положення наукової новизни, обґрунтовано достовірність і практичне значення отриманих результатів, наведено дані про їх апробацію.

У **першому розділі** виконано аналіз стану шпального господарства залізниць України, виконано аналіз пошкоджень шпал. Проведено огляд

літературних та нормативних джерел, які пов'язані з питаннями напружено-деформованого стану, електричними властивостями, а також електрокорозійними процесами та їхні наслідки у залізничних шпалах із бетону з композитною та сталевую дротяною арматурою.

За результатами огляду було висунуто робочу гіпотезу.

Другий розділ присвячено розробці методів порівняльного дослідження напружено-деформованого стану шпал із бетону з попередньо-напруженою сталевую дротяною та композитною арматурою на моделях. Були розглянуті моделі шпал і схема їхнього навантаження. Досліджувались фізико-механічні властивості арматури, в тому числі визначалось зчеплення арматури з бетоном. Були розглянуті скінчено-елементні та фізичні моделі залізничних шпал із сталевую та композитною попередньо напруженою арматурою. Досліджено електричний опір моделей, виконано розрахунковий і натурний експеримент з навантаження моделей.

Також було розроблено оригінальну методику порівняльного дослідження впливу електричних потенціалів від струмів витoku з рейок та агресивних середовищ на шпали із бетону зі сталевую дротяною та композитною арматурою на моделях.

У третьому розділі було досліджено вплив заміни сталевую арматури композитною на напружено-деформований стан шпал. Розрахункові експерименти було виконано з застосуванням методу скінчених елементів. Було проаналізовано вплив заміни сталевую дротяною арматури композитною на електрофізичні та електрокорозійні властивості шпал на основі кількісного і якісного аналізів.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних і натурних досліджень шпал із бетону зі сталевую дротяною та композитною арматурою. Було досліджено вплив електричних потенціалів на корозійні процеси. Зокрема, виконано дослідження міцності, жорсткості та тріщиностійкості шпал випробуванням моделей. Було встановлено, що по мірі навантаження моделей та збільшення моменту від нього деформування розвивається стадіями: утворення тріщин в розтягнутій зоні; їх розвиток до пластичного шарніру; руйнування за рахунок проковзування арматури в бетоні. На зазначені моменти вид арматури вплинув у меншому ступені, ніж зусилля попереднього натягу арматури. Порівняльним аналізом результатів, отриманих розрахунком та експериментально на моделях, знайдено величини поправочних коефіцієнтів для визначення розрахунком моменту тріщиностійкості та руйнівного моменту шпал – відповідно, 2,24 і 0,9 для шпал зі сталевую дротяною арматурою і 2,39 і 0,98 для шпал з композитною арматурою.

Проведено дослідження електричного опору моделей, впливу електричних потенціалів на корозійні процеси, зокрема, досліджено зміну сили струму в моделях та їхнього електричного опору протягом експозиції, здійснено оцінку нейтралізації цементного каменю в моделях, оцінку проникнення хлоридів у моделі, оцінку корозійного ураження арматури. Виконано дослідження наслідків електричного впливу на моделі методом

наноіндентування та електронно-мікроскопічними дослідженнями. Розрахунком та експериментально встановлено, що за рахунок заміни сталевий дріт арматури діелектричною композитною електричний опір шпал у суху та вологу погоду збільшується в 6–16 раз, отже, на порядок, а у дощову погоду – на декілька порядків, що забезпечить відповідне зменшення втрати тягових струмів та струмів витoku, підвищить надійність роботи сигнальних рейкових кіл.

Розділ п'ять містить інформацію про впровадження результатів дослідження. Розроблено та запатентовано спосіб виготовлення шпал із бетону з попередньо напруженою арматурою. За результатами досліджень для одного з підприємств України розроблено рекомендації з вибору конструкції і технології виробництва залізобетонних шпал, які передбачають можливість виробництва шпал з композитною арматурою. Рекомендації впроваджені, зокрема, розроблено конструкцію шпал, уведено в експлуатацію технологічну лінію з їх виробництва та поставлено шпали на виробництво. Результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес з підготовки бакалаврів, магістрів, докторів філософії за спеціальностями 273 Залізничний транспорт і 192 Будівництво та цивільна інженерія.

У загальних висновках У загальних висновках узагальнено основні результати дисертаційного дослідження, які свідчать про вирішення поставленої наукової задачі.

Графічне та табличне викладення матеріалу спрощує сприйняття роботи.

Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації.

Дисертаційна робота не містить ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Всі використанні ідеї, наукові результати, супроводжуються належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування.

Зауваження рецензента до змісту дисертації

1. В роботі виконано експериментальні дослідження моделей перерізів шпал із бетону природного твердіння. Відомо, що режим твердіння бетону суттєво впливає на склад продуктів гідратації цементу, що в свою чергу може вплинути на пружно-пластичні характеристики цементного каменю та, відповідно, бетону. Оскільки для твердіння шпал у виробничих умовах застосовують тепловологісну обробку – попарювання, доцільно було моделі також піддавати тепловологісній обробці.

2. Експериментальними дослідженнями здобувача показано, що міцність зчеплення цементного каменю з композитною арматурою порівняно зі сталевий менше, отже, контактна зона між ними також може бути менш щільною. Оскільки шпали зазнають дуже несприятливих кліматичних

впливів поперемінного висушування-зволоження, поперемінного заморожування-відтавання, доцільно було дослідити вплив цих деструктивних кліматичних факторів на контактну зону.

3. В розвиток попереднього зауваження хочеться звернути увагу здобувача на різновиди композитної з підвищеними показниками адгезії, наприклад, арматури з піщаним покриттям – sand-coated FRP reinforcement.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Представлена дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що відповідає спеціальності 273 Залізничний транспорт. Резюмуючи результати дослідження Муригіна М.А., можна стверджувати, що вони виконані на актуальну тему, є обґрунтованими і достовірними, характеризується науковою новизною і практичною значимістю, дисертація повністю відповідає вимогам, що висуваються до такого роду кваліфікаційних наукових праць і може бути рекомендована до захисту на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 Залізничний транспорт (галузь знань 27 Транспорт).

Рецензент:

доцент кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд
Українського державного університету
залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України
кандидат технічних наук, доцент

Андрій НИКИТИНСЬКИЙ



Особистий підпис Андрія *НИКИТИНСЬКОГО*
засвідчую *04. квітня 20 26 р.*
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ *Чолопівська* *ЧЕЛОМБИТЬКО*