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

**Актуальність теми дисертаційного дослідження**

Дисертаційна робота Муригіна Максима Андрійовича присвячена розробленню залізничних шпал із бетону з композитною арматурою, є актуальною та відповідає потребам сфери залізничного транспорту. Багатоаспектність даної проблеми визначила перелік питань, які знайшли відображення в дисертації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами**

Робота виконана на кафедрі залізничної колії і транспортних споруд Українського державного університету залізничного транспорту у складі спільної з Університетом Західної Шотландії науково-дослідної роботи за британським грантом (UUK і UK-Ukraine R&I twinning grant, Project #11150 «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics», 2023-24, ДР№ 0123U102700), зокрема її робочого пакету «Залізничні шпали», а також держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України: «Теоретичні та експериментальні основи створення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'яжучих для захисту від електрокорозії і ремонту споруд залізничного транспорту» (2022–2023, ДР№ 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, ДР№0126U002127).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Дослідження, проведені у межах дисертаційної роботи, надали можливість зробити важливі науково-обґрунтовані висновки щодо залізничних шпал із бетону з композитною арматурою. Обґрунтованість цих висновків забезпечена ґрунтуванням теоретичних і експериментальних досліджень на положеннях і методах фундаментальних і відповідних прикладних наук, а також достовірністю отриманих експериментальних результатів. Достовірність обумовлена коректними постановленням і проведенням натурних експериментальних досліджень, їх метрологічним і статистичним забезпеченням, а також проведенням розрахункових експериментів за допомогою сучасного апробованого програмного забезпечення.

**Наукова новизна, отримана в дисертаційній роботі**

Результати, які отримані дисертаційній роботі, дають уявлення про роботу і напружено-деформований стан під поїзним навантаженням шпал із бетону зі сталевою дротяною та композитною базальтопластиковою арматурою, в яких попередньо напруженим є весь пакет арматури. Здобувачем вперше отримано залежність максимальних значень напружень у бетоні шпал з композитною арматурою під поїзним навантаженням від зусилля натягу арматурного пакету, діаграми деформування моделей таких шпал з різними зусиллями попереднього натягу арматурного пакету. Розвинуто уявлення про електричні властивості, корозійну та електрокорозійну поведінку шпал із бетону з композитною базальтопластиковою арматурою.

**Практичне значення результатів**

Результати, які отримані в процесі дослідження, використані одним із підприємств України під час створення технологічної лінії з виробництва залізничних шпал оригінальної конструкції, що підтверджене актом впровадження.

Результати досліджень впроваджені також у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту у відповідних освітніх компонентах.

**Висвітлення результатів у публікаціях**

За матеріалами дисертації опубліковано 20 наукових праць. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 7 наукових статях, 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.

**Мова і стиль дисертаційної роботи**

Робота написана стилістично виваженою українською мовою з коректним використанням наукової і фахової термінології. Вона структурована в зрозумілій логічній послідовності з дотриманням причинно-наслідкових зв'язків. Наукова новизна, висновки, пропозиції і рекомендації мають достатній рівень обґрунтованості, супроводжуються методичним і статистичним матеріалом. Пояснювальна інформація, яка може переобтяжити сприймання матеріалу, винесена у додатки.

**Оцінка змісту та оформлення дисертації, її завершеність**

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Дисертація, що представлена на рецензію, 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.

У **вступі** обґрунтовано актуальність розглянутої теми дисертаційної роботи. Чітко визначена мета і завдання дослідження, означено об'єкт і предмет дослідження, показано його зв'язок з науковими програмами та планами, викладено положення наукової новизни, обґрунтовано достовірність і практичне значення отриманих результатів, наведено дані про їх апробацію.

**У розділі 1** виконано аналіз літературних та нормативних джерел, які пов'язані з питаннями напружено-деформованого стану, електричними властивостями, а також електрокорозійними процесами та їхніми наслідками у залізничних шпалах із бетону з композитною та сталевою дротяною арматурою.

В результаті цього аналізу було встановлено, що більша частина підрейкових опор (особливо це стосується залізобетонних шпал), мають проблеми, тобто дефекти в результаті механічних, електрокорозійних, а також корозійних впливів на них.

Розроблена робоча гіпотеза – заміна в попередньо напружених шпалах із бетону сталевої дротяної арматури композитною дозволить підвищити електричний опір, знизити втрату тягових струмів і струмів витоку, запобігти електрокорозійним та корозійним процесам.

**У розділі 2** розроблено методи порівняльного дослідження напружено-деформованого стану шпал із бетону з попередньо-напруженою сталевою дротяною та композитною арматурою на моделях. Були розроблені фізичні та скінчено-елементні моделі залізничних шпал із сталевою та композитною попередньо напруженою арматурою. Було досліджено фізико-механічні властивості арматури, виконані експериментальні дослідження зчеплення зазначених видів арматури з бетоном і отримані результати випробування моделей з визначення зчеплення бетону з базальтопластиковою арматурою та сталевим дротом. Також було розроблено оригінальну методику порівняльного дослідження впливу електричних потенціалів від струмів витоку з рейок та агресивних середовищ на шпали із бетону зі сталевою дротяною та композитною арматурою на моделях.

**Розділ 3** містить теоретичне обґрунтування створення та експлуатації шпал із бетону з композитною арматурою. Виконано дослідження впливу заміни сталевої арматури композитною на напружено-деформований стан під поїзними навантаженнями шпал та їх спрощених моделей, придатних для експериментальних досліджень.

**У розділі 4** наведено результати експериментальних досліджень шпал із бетону зі сталевою дротяною та композитною арматурою. Були досліджені такі параметри, як міцність, жорсткість, тріщиностійкість шпал випробуванням моделей. Для цього виготовлено фізичні моделі шпал із бетону зі сталевою дротяною та композитною арматурою, виконано натурний експерименти з їх навантаження.

За допомогою експерименту було встановлено, що у залізобетонних шпалах з випусками арматури із торців струм стікає з рейок і скріплень через поровий електроліт бетону (насичений розчин $Ca(OH)_2$) на арматуру, а з її випусків на торцях шпал – через баласт у земляне полотно, спричиняючи електрокорозію арматури на кінцях шпал. Було встановлено, що під впливом електричного потенціалу і струму інтенсифікується дифузія в бетон іонів, агресивних до сталевої арматури і нейтральних до композитної, отже, шпали з композитною арматурою не зазнаватимуть пошкоджень в умовах потрапляння розчинних речовин на електрифіковану колію.

**П'ятий розділ** присвячено впровадженню результатів досліджень. 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 впроваджено у навчальний процес з підготовки бакалаврів, магістрів, докторів філософії за спеціальностями 273 Залізничний транспорт і 192 Будівництво та цивільна інженерія.

**У загальних висновках** підсумовано виконання завдання дослідження і констатовано досягнення мети, а у додатках наведені докладні додаткові матеріали досліджень.

**Дотримання вимог академічної доброчесності**

Текст дисертації пройшов перевірку на плагіат з результатом 92,05% оригінальності. Літературні джерела оформлені згідно встановлених вимог. Ознак академічної недоброчесності не виявлено.

**Зауваження рецензента**

1. В роботі докладно досліджуються умови утворення поперечних тріщин в підрейкових та середніх перерізах шпал. Доцільно було пов'язати ці тріщини з шифрами дефектів шпал за Технічними вказівками з використання старопридатних матеріалів верхньої будови колії на залізницях України ЦП-0150.

2. Відомо, що на напружено-деформований стан шпал разом з дослідженими факторами впливають і характеристики рейок та рейкових ниток. Результати досліджень цих факторів збагатили би залежності показників тріщиноутворення від типу та ступеня зносу рейок, наявності стиків.

3. В роботі докладно досліджено вплив постійних електричних потенціалів і струмів, у т.ч. в пульсуючому режимі, притаманному реальним умовам експлуатації електрифікованих колій, на корозійні процеси у шпалах. Здобувачем не пояснено, чому поза увагою залишився вплив перемінного

потенціалу, який на електрифікованих залізницях за абсолютною величиною 9-кратно перевищує постійний потенціал.

**Загальний висновок**

Всебічний розгляд дисертації здобувача та опублікованих 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. Зазначене дозволило дійти висновку, що надана до рецензування дисертаційна робота Муригіна Максима Андрійовича, може бути рекомендована до захисту на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 Залізничний транспорт (галузь знань 27 Транспорт).

**Рецензент:**
доцент кафедри «Залізнична
колія та транспортні споруди»
Українського державного
університету залізничного
транспорту Міністерства освіти і
науки України
кандидат технічних наук, доцент Дмитро ПОТАПОВ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
№01116472

Особистий підпис Дмитро ПОТАПОВА
засвідчую 04 квітня 2026 р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ Леонід ЧЕЛОМБИТЬКО