

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертацію
МУРИГІНА Максима Андрійовича**

на тему: «Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 273 Залізничний транспорт

Актуальність теми дисертації

На залізницях світу як підрейкові основи використовують різні конструкції із різних матеріалів. Найбільше розповсюдження мають залізобетонні шпали, які в процесі експлуатації з часом набувають багато дефектів і вимагають заміни раніше напрацювання встановленого ресурсу. Недоліків, пов'язаних з корозією сталевих арматур в тріщинах, можуть бути позбавлені бетонні шпали, армовані композитною арматурою. Серед їх переваг можна відзначити високу корозійну стійкість арматури, захищеність її полімерної складової бетоном від ультрафіолетового випромінювання. Тому заміна сталевих арматур корозійностійкою композитною може дозволити знизити вимоги до тріщиностійкості шпал, зменшити зусилля попереднього натягу або відмовитись від нього. Це дозволить оптимізувати вимоги до ранньої міцності бетону, зменшити пошкоджуваність шпал за рахунок зниження розтягувальних напружень у поперечному напрямку від попереднього напруження арматури. Крім того, композитна арматура є діелектриком і може значно збільшити електричний опір шпал, покращивши роботу СЦБ і контактної мережі. Виходячи з викладеного створення теоретичних та експериментальних основ виробництва та експлуатації залізничних шпал із бетону з покращеними електричними властивостями та електрокорозійною стійкістю за рахунок застосування композитної арматури є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Актуальність обраної теми підкреслюється виконанням досліджень у складі держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України, міжнародної грантової теми.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

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

У першому розділі виконано аналіз літературних та нормативних джерел, матеріалів обстежень. Встановлено, що на залізницях загального користування України до 96 % колій укладено на залізобетонних шпалах, яких експлуатується понад 44,3 млн. З цих шпал понад 180 тис. є непридатними через пошкодження (дефекти), спричинені механічними, електрокорозійними,

корозійними впливами. Електричний опір залізобетонних шпал недостатній для ефективного запобігання втратам тягового струму, струмам витоку, електрокорозії. Заміна сталевий арматури композитною дозволить підвищити електричний опір, проте заміна ускладнюється відміною композитної арматури від сталевий за пружними властивостями і, враховуючи особливості армування шпал, залишається недослідженою.

У другому розділі наведено методи досліджень. Розроблено методіку порівняльного дослідження напружено-деформованого стану (НДС) залізничних шпал із бетону з попередньо-напруженою сталевий дротяною та композитною арматурою під поїзними навантаженнями на моделях. Методіка включає розроблення моделей, розрахунковий і натурний експерименти з їх навантаження, порівняння їх результатів для верифікації результатів розрахунків шпал. Розроблено оригінальну методіку порівняльного дослідження впливу електричних потенціалів від струмів витоку з рейок та агресивних середовищ на шпали із бетону зі сталевий дротяною та композитною арматурою на моделях. Методіка включає розробку моделей, їх експозицію під цими впливами та дослідження їх наслідків, у т.ч. новим методом наноіндентування, який дозволяє визначати мікромеханічні властивості цементного каменю, що залежать від ступеня його електроміграційного вилуговування.

У третьому розділі міститься теоретичне обґрунтування створення та експлуатації шпал із бетону з композитною арматурою. Виконано дослідження впливу заміни сталевий арматури композитною на напружено-деформований стан (НДС) під поїзними навантаженнями шпал та їх спрощених моделей, придатних для експериментальних досліджень. Розроблено схеми моделей та їх випробування, вихідні дані для розрахунку, виконано розрахунки напружено-деформованого стану шпал та їх моделей методом скінчених елементів. В результаті аналізу НДС шпал під поїзним навантаженням встановлено, що за однакового попереднього натягу арматурного пакету 353 кН максимальні напруження складають для шпал з композитною та сталевий дротяною арматурою: стискаючі – 16,1 і 16,7 МПа, розтягувальні – 1,1 і 0,12 МПа. Ці напруження менші границі міцності бетону на стиск і розтяг, отже умови міцності та тріщиностійкості виконуються. Зниження попереднього напруження композитної арматури призводить до незначного збільшення максимальних стискаючих напружень, проте розтягувальні напруження збільшуються до 6–7 МПа, що перевищує границю міцності на розтяг та обумовлює роботу шпал з тріщинами.

Виконано також якісний та кількісний аналіз впливу заміни сталевий дротяної арматури композитною на електрофізичні та електрокорозійні властивості шпал.

У розділі 4 наведені результати експериментальних досліджень моделей шпал із бетону зі сталевий дротяною та композитною арматурою та порівняння їх результатів з результатами теоретичних досліджень. 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 дротяної 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.

У розділі 5 міститься інформація про впровадження 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. Впровадження забезпечило соціально-економічний ефект, а саме: створено 15 робочих місць, збільшено обсяг прибутку підприємства та, відповідно, збільшено обсяги надходження до бюджетів різних рівнів обов'язкових та податкових платежів. Результати дисертаційного дослідження впроваджено у навчальний процес з підготовки бакалаврів, магістрів, докторів філософії за спеціальностями 273 Залізничний транспорт і 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Завершується робота розгорнутими висновками, які впливають зі змісту роботи, є послідовними та стисло викладають основні результати дисертаційної роботи. Порівнюючи висновки із завданнями досліджень можна констатувати, що в ході дисертаційного дослідження всі поставлені завдання були виконані, мета роботи досягнута. Отже, дисертація є завершеною працею і доводить особистий внесок здобувача в науковий напрям щодо використання композитної арматури замість сталевий дротяної в залізобетонних шпалах для умов магістральних залізниць.

Завершеність роботи підтверджується публікацією та апробацією її результатів. Результати досліджень апробовані на 9 науково-технічних конференціях у 2022–25 рр. та опубліковані у 7 наукових статтях і 2 описах до патентів на корисні моделі.

На початку дисертації наводиться її реферат українською та англійською мовами. В рефераті адекватно відображено основні положення, зміст, результати, висновки дисертаційного дослідження. Його зміст та основні положення дисертації є ідентичними.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації обумовлена їх збіжністю з існуючими уявленнями і теоріями в її предметній області, а також достовірністю отриманих результатів досліджень. Джерельна

база роботи включає 120 найменувань, 44 з яких є іноземними публікаціями, 12 – нормативними джерелами.

Достовірність забезпечена належним застосуванням і метрологічним забезпеченням стандартних та оригінальних методів випробувань та досліджень, застосуванням незалежних методів досліджень, повторюваністю результатів випробувань, їх статистичною обробкою, узгодженістю результатів експериментальних і теоретичних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукові результати, які отримані в дисертаційній роботі, дали уявлення про роботу і напружено-деформований стан під поїзним навантаженням шпал із бетону зі сталевую дротяною та композитною базальтопластиковою арматурою, в яких попередньо напруженим є весь пакет арматури. 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.

Набули подальшого розвитку уявлення про електричні властивості, корозійну та електрокорозійну поведінку шпал із бетону з композитною базальтопластиковою арматурою. Зокрема, вперше встановлено, що заміна сталеві дротяної арматури композитною обумовлює збільшення електричного опору шпали у 6–16 раз, проте призводить до електроміграційного вилуговування бетону під впливом струмів витоку.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання

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

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

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 наукометричною базою 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.

Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідають усім чинним вимогам до оприлюднення матеріалів дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Зазначені

публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Спрямованість науково-практичних конференцій, де відбувалася апробація дисертаційного дослідження, характер статей, в яких відображено положення дисертації і результати проведених досліджень, повною мірою розкривають науково-практичну проблему, яка розв'язується в дисертації. Загалом вважаємо, що дисертація пройшла належну апробацію, вона є самостійною науковою працею та має завершений характер.

Мова і стиль дисертації

Дисертація оформлена відповідно до вимог, встановлених для науково-дослідних робіт. Мова та стиль викладення відрізняються чіткістю, науковою точністю, логічною структурованістю. Текст зрозумілий, легко сприймається. Оформлення таблиць, рисунків та формул виконано належним чином. Список джерел є сучасним та актуальним. Мова, стиль та оформлення дисертації забезпечують прозорість, наукову добросовісність та високу якість роботи.

Дискусійні положення та зауваження

Позитивно оцінюючи здобутки автора дисертації, вважаємо за необхідне зазначити наступні дискусійні положення та зауваження до поданої дисертаційної роботи:

1. У роботі дослідження виконано для обмеженого діапазону експлуатаційних параметрів (епюра шпал 1840 шт./км, осьове навантаження 232 кН/вісь, швидкість руху до 160 км/год). Доцільно було б розширити область досліджень, зокрема для меншої епюри шпал та підвищених осьових навантажень (наприклад, при пропуску спеціального рухомого складу), що дозволило б оцінити роботу конструкції в більш жорстких умовах експлуатації.

2. У роботі не наведено значення радіуса кривої, для якого виконано розрахунковий експеримент. Водночас радіус кривої є одним із визначальних параметрів, що впливає на характер і величину навантажень на шпали, тому доцільно було б або зазначити його, або виконати аналіз чутливості результатів до зміни кривизни колії.

3. У розрахункових дослідженнях (розділ 3) доцільно було б більш детально проаналізувати зчеплення композитної арматури з бетоном, зокрема з використанням методу скінченних елементів. Крім того, бажано розглянути вплив різних класів бетону на напружено-деформований стан шпал з урахуванням відмінностей у модулях пружності матеріалів.

4. Викликає питання вибір лише анкерного пружного рейкового скріплення як базового варіанту дослідження. Доцільно було б обґрунтувати такий вибір або розширити аналіз на інші типи скріплень (клемно-болтові, шурупно-дюбельні), які формують відмінні схеми передачі навантаження на шпалу.

5. Під час моделювання електричних властивостей шпал (рис. 3.18, 3.19) не враховано опір елементів ізоляції. Потребує пояснення, чи є це свідомим спрощенням моделі для виділення внеску матеріалу шпали, чи обмеженням методики.

6. У роботі значна частина результатів отримана на моделях шпал. Водночас для підвищення практичної цінності дослідження доцільним є підтвердження отриманих результатів випробуваннями повнорозмірних зразків, зокрема в умовах багатоциклового навантаження, а також оцінка впливу масштабного ефекту та можливого крихкого характеру руйнування композитної арматури.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Муригіна Максима Андрійовича на тему: «Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою» є актуальною і повністю завершеною науковою працею.

За результатами виконаних досліджень, своїм змістом, обґрунтованістю, достовірністю, науковою новизною і практичною значущістю результатів дисертація відповідає вимогам спеціальності 273 Залізничний транспорт галузі знань 27 Транспорт та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 261 від 23 березня 2016 року, наказу Міністерства освіти і науки № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Порядку присудження ступеня доктора філософії, а її автор Муригін Максим Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальності 273 Залізничний транспорт галузі знань 27 Транспорт.

Офіційний опонент:

професор кафедри «Транспортна інфраструктура»

Українського державного університету

науки і технологій

доктор технічних наук, професор



М.Б. Курган

Підпис засвідчую:
Вчений секретар ННІ "Дніпровський інститут
інфраструктури і транспорту"

