

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію **МУРИГІНА Максима Андрійовича**
«Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
зі спеціальності 273 Залізничний транспорт

Актуальність обраної теми

Дисертація присвячена дослідженню та обґрунтуванню можливості використання композитної арматури замість сталевий у залізничних шпалах із бетону. Така арматура набуває все більшої популярності в будівництві, оскільки порівняно зі сталевий має ряд переваг – високі корозійну стійкість та електричний опір, набагато меншу вагу за порівняної міцності. Очевидно, що реалізація цих переваг композитної арматури могла би покращити експлуатаційні характеристики шпал та колії на них. Проте вплив такої арматури на несучу здатність та довговічність шпал із бетону залишається невивченим, тому обрана тема є безумовно актуальною і своєчасною.

Актуальність підкреслюється виконанням досліджень 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, ДР№ 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» (2022–23, 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).

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Дисертація викладена на 217 сторінках, складається із реферату українською та англійською мовами, списку публікацій здобувача, змісту, вступу, п'яти основних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань, містить 6 додатків. Основний зміст дисертації пояснено 98 рисунками та 28 таблицями.

У **рефераті** коротко викладено основні положення дисертації, наведено її висновки. Зміст реферату та основні положення дисертації ідентичні.

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, експлуатаційної документації. Показано, що на залізницях загального користування України експлуатується понад 44,3 млн. залізобетонних шпал, з яких понад 180 тис. є непридатними через дефекти від механічних, електрокорозійних, корозійних впливів. Електричний опір залізобетонних шпал фактично є недостатнім для належного запобігання втратам тягового струму, струмам витоку, електрокорозії. Заміна сталевих арматур композитною дозволить підвищити електричний опір. Проте вплив такої заміни на несучу здатність шпал через інші порівняно зі сталевими арматурами пружні характеристики композитної арматури залишається недостатньо дослідженим. Проаналізовано дані про використання композитної арматури в будівництві, у т.ч. дорожньому.

У **другому розділі** наведено результати розроблення методів досліджень, зокрема оригінальної методики порівняльного дослідження напружено-деформованого стану (НДС) шпал із бетону з попередньо-напруженою сталевими дротяною та композитною арматурою під експлуатаційним навантаженнями на моделях. Методика включає розрахунковий і натурний експерименти та порівняння їх результатів. Розроблено також оригінальну методику порівняльного дослідження впливу електричних потенціалів від струмів витоків з рейок та агресивних середовищ на шпали із бетону зі сталевими дротяною та композитною арматурою також на моделях. Методика включає експозицію моделей під цими впливами та дослідження їх наслідків, у т.ч. сучасними фізико-хімічними методами.

У **третьому розділі** виконано теоретичне обґрунтування створення та експлуатації шпал із бетону з композитною арматурою. Досліджено вплив заміни сталевих арматур композитною на НДС шпал під експлуатаційними навантаженнями та їх спрощених моделей, призначених для експериментальних досліджень. Розроблено схеми моделей та їх навантаження, відповідні їм скінчено-елементні моделі, виконано розрахунки та аналіз НДС шпал та моделей методом скінчених елементів. Встановлено, що за однакового попереднього натягу арматурного пакету максимальні стискаючі напруження в шпалах з композитною та сталевими дротяною арматурою порівняні. Максимальні розтягувальні напруження у шпалах з композитною арматурою перевищують напруження у шпалах зі сталевими арматурами на порядок, проте за встановленого натягу арматурного пакету 353 кН не перевищують границю

міцності бетону на розтяг, отже умови міцності та тріщиностійкості забезпечують. Зниження попереднього напруження композитної арматури призводить до суттєвого збільшення максимальних розтягувальних напружень, які перевищують границю міцності бетону на розтяг та обумовлюють роботу шпал з тріщинами, що є неприпустимим для шпал зі сталеву арматурою, проте за думкою автора може бути допущене для композитної арматури. Виконано також аналіз впливу заміни сталеву дротяної арматури композитною на електрофізичні та електрокорозійні властивості шпал.

У **четвертому розділі** наведені результати експериментальних досліджень моделей шпал із бетону зі сталеву дротяною та композитною арматурою та порівняння їх результатів з результатами теоретичних досліджень. Проведено дослідження електричного опору моделей, впливу електричних потенціалів на корозійні процеси в моделях, зокрема здійснено оцінку нейтралізації цементного каменю, проникнення хлоридів, корозійного ураження арматури. Виконано дослідження наслідків електричного впливу на моделі наноіндентуванням та скануючою електронною мікроскопією. Розрахунком та експериментально встановлено, що за рахунок заміни сталеву дротяної арматури діелектричною композитною електричний опір шпал у суху та вологу погоду збільшується на порядок, а у дощову погоду – на декілька порядків, що забезпечить відповідне зменшення втрати тягових струмів, струмів витoku, підвищить надійність роботи СЦБ.

У **п'ятому розділі** наведено дані щодо впровадження результатів досліджень. Розроблено та запатентовано спосіб виготовлення шпал із бетону з попередньо напруженою арматурою. Розроблено рекомендації з вибору конструкції і технології виробництва залізобетонних шпал, які передбачають можливість виробництва шпал з композитною арматурою. Рекомендації впроваджені на одному з підприємств України, зокрема, розроблено конструкцію шпал, обладнано технологічну лінію та поставлено на виробництво шпали на ній. Впровадження забезпечило підтверджений актом соціально-економічний ефект. Результати дисертаційного дослідження впроваджено у навчальний процес з підготовки бакалаврів, магістрів, докторів філософії за спеціальностями 273 Залізничний транспорт і 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Після кожного розділу робляться **висновки**, а в кінці роботи – **загальні висновки**, які констатують виконання завдань досліджень і досягнення мети роботи. Отже, дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Дисертація викладена в логічній послідовності в стилі, притаманному науково-дослідним роботам, якісною науково-технічною мовою з використанням галузевої наукової термінології. Оформлення дисертації здійснено

згідно з вимогами до оформлення науково-дослідних робіт. Використані джерела є актуальними.

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

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та підтверджені достовірними експериментальними даними.

Обґрунтованість положень, висновків, рекомендацій дисертації забезпечені базуванням досліджень на уявленнях та положеннях сучасних фундаментальних та відповідних прикладних наук.

Достовірність результатів, отриманих експериментально, забезпечена коректним застосуванням і метрологічним забезпеченням стандартних та оригінальних методів випробувань, статистичною обробкою та повторюваністю експериментальних даних, збіжністю результатів натурних та розрахункових експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів

В дисертації вперше отримано ряд наукових результатів, які можна вважати новими. Це стосується даних про напружено-деформований стан шпал із бетону з композитною арматурою, залежностей максимальних величин напружень, величин деформацій, моментів тріщиностійкості від попереднього напруження арматури порівняно з аналогічними залізобетонними шпалами. Новими є дані про електричні властивості таких шпал, електрокорозійні процеси в них. Новими методами досліджень вперше доведено зовсім інший вплив композитної арматури на процеси електроміграційного вилуговування бетону шпал.

Новизна результатів досліджень підтверджена їх апробацією на 9 профільних науково-технічних конференціях у 2022–25 рр.

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

Результати, одержані в процесі виконання дисертаційного дослідження, характеризуються практичною значущістю. Вони відкривають можливості конструювання і застосування підрейкових основ залізниць, які за електричними і корозійними властивостями переважатимуть залізобетонні шпали та матимуть більший ресурс. Практична значущість результатів підтверджена актом впровадження від підприємства «Гранпостач Україна», яке згідно з рекомендаціями здобувача розробило нові конструкцію і технологію виробництва шпал, у т.ч. з композитною арматурою.

Одержані результати впроваджені також у навчальний процес з підготовки бакалаврів, магістрів, докторів філософії зі спеціальностей Залізничний транспорт і Будівництво та цивільна інженерія.

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

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 20 праць, з яких 7 є науковими статтями, опублікованими у фахових виданнях категорії Б (4) та виданнях, індексованих НМБД Scopus (3), 9 – публікаціями апробаційного характеру, 2 – описами до патентів на корисну модель, ще 2 – описами до заявок на видачу патентів на винахід.

Кількість та обсяг публікацій, повнота викладення результатів дисертаційного дослідження відповідають вимогам до оприлюднення матеріалів дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дискусійні положення та зауваження

1. Із дисертації недостатньо чітко висвітлено, яким чином при визначенні навантажень на шпалу враховувалася їх динамічна складова.
2. Потребує додаткового уточнення, якими типами скінченних елементів моделюється шпала, а також яким чином задається навантаження на бетон від попереднього напруження сталевोї та композитної арматури.
3. У дисертації детально розглянуто анкерування композитної арматури для попереднього напруження експериментальних моделей, однак питання його реалізації в реальних конструкціях шпал не висвітлено.
4. Доцільно було б розширити дослідження впливу радіуса кривої та епюри шпал на напружено-деформований стан шпали, оскільки в роботі розглянуто лише одне значення радіуса кривої (без його явного зазначення) та епюру 1840 шп./км, що обмежує можливості узагальнення отриманих результатів.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Зроблені зауваження не знижують високу позитивну оцінку проведеного здобувачем масштабного дослідження.

Дисертація «Залізничні шпали із бетону з композитною арматурою» Муригіна Максима Андрійовича є завершеною науковою працею, яка за змістом відповідає спеціальності 273 Залізничний транспорт галузі знань 27 Транспорт. За актуальністю теми, обґрунтованістю, достовірністю, науковою новизною та практичною значущістю отриманих результатів дисертація відповідає вимогам чинних «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії...», «...вимог до оформлення дисертації», «Порядку

присудження ступеня доктора філософії...», а її автор **Муригін Максим Андрійович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 273 Залізничний транспорт галузі знань 27 Транспорт.

Офіційний опонент –

В.о. директора Навчально-наукового
Київського інституту залізничного транспорту,
доцент кафедри залізничної колії
та колійного господарства
Національного транспортного університету
кандидат технічних наук, доцент



Володимир ТВЕРДОМЕД

