

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію Зінченка Олексія Сергійовича

на тему «Бетони, будівельні розчини та композиційні полімерні матеріали з використанням поліфракційних рециклінгових наповнювачів із залізничних залізобетонних шпал»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 19 Архітектура та будівництво
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

Актуальність теми дисертації. Актуальність дослідження зумовлена стрімким зростанням обсягів будівельних відходів, насамперед залізобетонних, що утворюються внаслідок військових дій, техногенних аварій і природних катастроф. В Україні ця проблема загострюється як через масштабні руйнування інфраструктури, так і через наближення граничних строків експлуатації залізобетонних шпал та збільшення обсягів колійних робіт. Відповідно до Національної стратегії управління відходами, особливої значущості набуває розроблення ефективних підходів до утилізації та повторного використання вторинної сировини, що сприятиме формуванню сталого й екологічно орієнтованого будівельного сектору.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дослідження, проведені у відповідності до сформульованих завдань, надали автору можливість зробити важливі науково обґрунтовані висновки, зокрема: **Вперше** встановлені залежності фізико-механічних властивостей будівельних розчинів, бетонів та полімерних наповнених матеріалів від співвідношення вмісту в'язучого, заповнювача та наповнювачів, які є поліфракційними рециклінговими наповнювачами із подрібнених залізобетонних залізничних шпал; **Вперше** встановлено, що в полімерних наповнених матеріалах утворюються електрогетерогенні контакти між негативно зарядженими активними поверхневими центрами поліметилметакрилату і низькоосновних гідросилікатів кальцію та між позитивно зарядженими поверхневими центрами усіх інших продуктів гідратації цементу; при цьому найвища міцність досягається при рівності площ різнойменно заряджених поверхонь.

Наукова новизна, а також сформульовані висновки, пропозиції та рекомендації є достатньо обґрунтованими й підтверджені відповідним методичним і статистичним

матеріалом. Практична цінність дослідження засвідчена актом впровадження його результатів на дослідному об'єкті та впровадженням в освітній процес УкрДУЗТ.

Ретельний аналіз усіх розділів дисертаційної роботи здобувача та опублікованих ним наукових праць дає підстави стверджувати про належний рівень обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дослідження, а також про його відповідність вимогам, які пред'являються до дисертацій.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України: «Розвиток теоретичних основ і експериментальна перевірка нових ефективних способів підвищення несучої здатності та водонепроникності ґрунтів земляного полотна залізниць» (2020-2022, ДР№ 0120U102065); «Теоретичні та експериментальні основи створення композиційних матеріалів на основі мінеральних в'язучих 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» (2026-2028, ДР№ 0126U002127).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання (теоретичне обґрунтування можливості отримання матеріалів із необхідними фізико-механічними характеристиками на основі поліфракційних рециклінгових наповнювачів із залізобетонних шпал; експериментальне підтвердження досягнення заданої міцності шляхом попередньої обробки наповнювачів, оптимізації структури розчинів і бетонів та забезпечення електрогетерогенних взаємодій у полімерних композиціях) виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Зінченка О. С. повністю відповідає напрямкам досліджень відповідно до спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям з розроблення та дослідження будівельних матеріалів на основі рециклінгових заповнювачів із відходів залізобетонних конструкцій із використанням принципів

ресурсозбереження та сталого розвитку. Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Зінченка Олексія Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Порушення принципів академічної доброчесності не має.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал викладено послідовно й логічно, структура роботи чітка та зрозуміла. Текст відзначається доступністю сприйняття, аргументованістю викладу та взаємозв'язком між розділами.

Стиль мовлення – науковий, із дотриманням норм сучасної української літературної мови. Використано загальноприйнятту фахову термінологію, яка застосовується коректно та послідовно. Формулювання є точними, без надмірної ускладненості, що забезпечує зрозумілість викладеного матеріалу.

Загалом робота справляє цілісне враження, відповідає вимогам до наукових досліджень і характеризується належним рівнем оформлення та викладення результатів.

Структура роботи.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків. Загальний обсяг роботи – 167 сторінок, з яких – 113 основного тексту. Дисертація містить 59 рисунків і 11 таблиць. Список використаних джерел складається із 161 найменування на 20 сторінках. П'ять додатків розміщено на 13 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальності теми, її зв'язок із науковими програмами, формулювання мети, об'єкта, предмета, завдань, а також висвітлення наукової новизни, достовірності й практичного значення результатів та їх впровадження.

У **першому розділі** розглянуто світовий і вітчизняний досвід переробки бетонних відходів та їх повторного використання в будівельних матеріалах. Показано, що зростання обсягів відходів, особливо в умовах руйнувань інфраструктури в Україні, зумовлює стратегічну важливість їх переробки. Проаналізовано нормативні підходи,

технології отримання вторинних заповнювачів і їх вплив на властивості бетонів. Встановлено, що оптимальна частка заміни природних заповнювачів становить 20–30 %, із можливістю підвищення за певних умов. Узагальнено вплив гранулометрії, водопоглинання та мікроструктури на характеристики матеріалів, а також окреслено перспективи використання відходів, зокрема залізобетонних шпал, і наявні наукові прогалини.

У другому розділі надано опис матеріалів і експериментальних методів дослідження. Наведено характеристики матеріалів, які були використані в експериментах. Описано технологію подрібнення та додаткового помелу фрагментів залізобетонних шпал з фракціонуванням, що забезпечує покращення форми та очищення зерен.

Подано методи визначення фізико-механічних властивостей матеріалів, а також фізико-хімічні дослідження (оптична мікроскопія, ІЧ-спектроскопія). Викладено методику цифрового аналізу гранулометричного складу та форми частинок за допомогою ImageJ. Мікроструктуру заповнювачів і зразків досліджено з використанням мікроскопа МБС-2 при 87-кратному збільшенні.

Третій розділ узагальнює теоретичні основи підвищення ефективності матеріалів із рециклінговими заповнювачами. Показано, що ключову роль відіграють якість поверхні та структурна сумісність частинок із цементною матрицею. Обґрунтовано ефективність механічної обробки й хімічної модифікації, які покращують форму зерен і міжфазну зону.

Запропоновано структурний підхід до оптимізації складів на основі моделі щільного пакування частинок, визначено оптимальні коефіцієнти розсування ($\mu \approx 3,0$; $\lambda \approx 1,7–2,5$) та розроблено алгоритм підбору гранулометричного складу. Побудовано номограми для практичного застосування.

Також встановлено вплив електроповерхневих властивостей на структуроутворення полімерних композицій на основі ПММА. Показано, що оптимальна масова частка полімеру ($\sim 0,3$) забезпечує електрогетерогенну взаємодію, ущільнення структури та підвищення міцності й довговічності матеріалів.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень рециклінгових заповнювачів із залізобетонних шпал і матеріалів на їх основі. Встановлено, що фракції понад 5 мм відповідають вимогам до крупних заповнювачів, тоді як дрібні не придатні для використання замість піску. Показано ефективність механічного очищення та хімічної обробки, які суттєво підвищують

міцність бетонів у порівнянні із бетонами без попередньої обробки із доведенням до 98 % від контрольних значень на 28-му добу.

Досліджено цементно-піщані розчини, для яких оптимальні властивості досягаються при коефіцієнті розсування $\mu \approx 3,0$; встановлено також оптимальне заміщення цементу пилюватими фракціями при $\lambda \approx 1,7$.

Аналіз пористості показав, що тип заміщення та вміст рециклінгового наповнювача суттєво впливають на структуру матеріалу. У контрольному складі відкрита пористість майже втричі перевищує закриту (2,95), тоді як у наповнених зразках це співвідношення зменшується до 2,1–0,98, що свідчить про зростання частки закритих пор. Після 270 діб відкрита пористість зменшується на 15–30 %, а закрита зростає на 20–50 %, що підтверджує ущільнення структури. Середній розмір капілярних пор зменшується у 2–3 рази внаслідок тривалої гідратації та утворення додаткової C–S–H-фази.

Фізико-хімічні дослідження підтвердили покращення структури матеріалів: механічна та хімічна обробка заповнювачів сприяє формуванню щільнішої мікроструктури, що підтверджено даними оптичної мікроскопії та ІЧ-спектроскопії.

П'ятий розділ присвячено практичному впровадженню розроблених полімернаповнених композицій на основі пилюватих фракцій бетонних відходів. Показано їх ефективність під час ремонту опор залізничного мосту, де досягнута міцність 10,9–12,2 МПа, що відповідає класу С8/10. Встановлено зниження вуглецевого сліду бетону на 13 % завдяки використанню рециклінгових матеріалів і частковій заміні цементу. Результати також впроваджено в освітній процес.

У загальних висновках підсумовано результати дослідження та ступінь досягнення мети, а додатки містять допоміжні матеріали.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

За матеріалами дисертації опубліковано 17 наукових праць. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 9 наукових статтях, з яких 8 – у фахових виданнях України категорії Б, 1 – у виданні, що індексується НМБД Scopus, а також у 6 працях апробаційного характеру. Результати досліджень додатково відображені в

1-й статті в іноземному журналі і в 1-му патенті на корисну модель. Тематика публікацій охоплює ключові напрями дисертації, що свідчить про комплексний характер дослідження та послідовне розкриття його наукової проблематики. Публікації містять оригінальні результати, отримані здобувачем у межах дисертаційної роботи, що підтверджується їх змістовою відповідністю структурі та висновкам дисертації.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Якщо проаналізувати рисунок 3.2, то там є невідповідність із легендою. Верхня крива відповідає рівнянню 3.5 при одному ряду дрібного наповнювача, а згідно легенди – відповідає трьом рядам.
2. При визначенні міцності цементно-піщаного розчину на рециклінгових заповнювачах здобувач використовує серії складів із В/Ц 0,4 та 0,67, причому в першому випадку за константу прийнято кількість цементу (500 кг/м^3), а в другому випадку кількість піску природного (800 кг/м^3). Із текстової частини зрозуміло, що в першому випадку іде заміна піску, а другому заміна цементу, але різні підходи до аналізу ускладнюють сприйняття. І не зовсім зрозуміло, чому саме ці В/Ц були використані. Для більшого розуміння реологічних характеристик наведених складів бажано було б показати їх рухливість.
3. При впровадженні полімер-наповненої суміші не наведено технології проведення робіт. Чи виконувалася розшивка тріщин, якщо виконувалася то на яку ширину, як готувалася поверхня тріщин, як виконувалося нанесення цього складу і як наслідок не зрозуміло оцінювання міцності за склерометром безпосередньо масиву ремонтного шару хоча б декілька сантиметрів чи це поверхневий шар декілька міліметрів. Крім того в роботі відсутні данні про адгезію ремонтного складу до старого бетону і не тільки. Адгезія для ремонтних складів це один із основних параметрів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу. Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Зінченка Олексія Сергійовича на тему «Бетони, будівельні розчини та композиційні полімерні матеріали з використанням

поліфракційних рециклінгових наповнювачів із залізничних залізобетонних шпал» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для будівельної галузі. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Зінченко Олексій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 19 Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент:

К.т.н., доцент кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд Українського державного
університету залізничного транспорту



Сергій МІРОШНІЧЕНКО

Особистий підпис Сергія МІРОШНІЧЕНКО
свідчую _____ 20 __ р.

Завідуючий канцелярією

УкрДУЗТє. ЧЕЛОМБИТЬКО