

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента
завідувачки кафедри Архітектурних конструкцій
Одеської державної академії будівництва та архітектури

Коробко Оксани Олександрівни

на дисертаційну роботу **Крижановського Віталія Олександровича** на тему
**«Модифіковані бетони і фібробетони для влаштування та ремонту жорстких
дорожніх і аеродромних покриттів»**, подану на здобуття ступеня доктора
філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження:

На сучасному етапі будівництва посилюються вимоги до будівельних об'єктів дорожнього транспорту, що зумовлюється збільшенням інтенсивності руху та, використанням важкої техніки. Тому важливого значення набуває застосування ефективних матеріалів з підвищеними показниками експлуатаційних властивостей, визначаючих їх надійний стан при експлуатації з урахуванням екстремальних впливів, зокрема під дію динамічних навантажень та періодично-змінних кліматичних впливів. Дана дисертаційна робота присвячена одержанню високоміцних швидкотвердіючих бетонів з покращеними показниками якості, призначених для влаштування дорожніх і аеродромних покриттів та їх своєчасного ремонту. Це завдання пропонується реалізувати шляхом комплексного використання дисперсного армування, сучасних суперпластифікаторів та прискорювачів твердіння. Це дозволить забезпечити досягнення високої ранньої міцності бетону при забезпеченні підвищених значень тріщиностійкості, зносостійкості та морозостійкості матеріалу жорстких покриттів. При цьому одночасно вирішуються питання зниження деформацій усадки та підвищення міцності бетону на розтяг при згині. Для одержання дорожніх покриттів з заданим проектним строком служби доцільним є встановлення умов забезпечення характеристик матеріалу, які визначають його міцність в різні періоди твердіння, а також тріщиностійкість, стиранисть та морозостійкість виробів. Несуча здатність жорстких покриттів вичерпується ще у міжремонтні періоди, тому, при вирішенні проблеми ремонту або швидкого влаштування цементобетонних покриттів використовувати швидкотвердіючі бетонні суміші є перспективним рішенням, яке дає можливість відкриття трафіку в найкоротші терміни. Узагальнення результатів досліджень в області технології високоміцних бетонів дозволили здобувачу встановити, що для підвищення довговічності кінцевого продукту необхідно виявити фактори, котрі зумовлюють створення певної структури бетону, яка забезпечить покращені експлуатаційні показники бетонів за рахунок направленої формування мікроструктури при введенні добавок різного функціонального призначення в поєднанні з дисперсним армуванням. Це дасть змогу створити сприятливі умови для безпеки функціонування бетонів жорстких дорожніх покриттів. Таким чином, при зростаючих об'ємах будівництва об'єктів, призначених для конкретних умов експлуатації, вдосконалення рецептурно-технологічних методів з покращення функціональної придатності дорожніх та аеродромних виробів робить тему досліджень обґрунтованою та актуальною.

Склад і структура дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота оформлена згідно чинних вимог та складається з вступу, п'яти розділів теоретичного і експериментального матеріалу, загальних висновків, списку використаної літератури (282 найменування) та 2 додатків. Обсяг роботи складає 185 сторінок, з них 125 сторінок основного тексту, включаючи 49 рисунків та 19 таблиць.

Аналіз основного змісту роботи, наукової новизни, ступеню обґрунтованості наукових положень та висновків.

Основні **наукові положення** полягають у розробці високоміцних швидкотвердіючих бетонів, призначених для ремонту і влаштування жорстких дорожніх та аеродромних покриттів з забезпеченою довговічністю (комплексом відповідних властивостей) за рахунок використання сталеві фібри, суперпластифікатора і прискорювача твердіння.

До **наукової новизни** одержаних автором результатів можна віднести таке: експериментально підтверджено можливість одержання високоміцних бетонів, армованих дисперсними волокнами, з покращеними показниками експлуатаційних властивостей, зокрема з підвищеною адгезійною міцністю, на різних типах цементів. Це було реалізовано через використання сталеві фібри, суперпластифікатора полікарбосилатного типу та прискорювача твердіння. Визначено вплив метакаоліну як складової частини в'язучого на властивості модифікованого бетону дорожніх покриттів. Визначені раціональні склади високоміцних швидкотвердіючих сталеві фібробетонів, які рекомендуються для влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів в типових умовах експлуатації при гарантуванні забезпеченої довговічності матеріалу виробів.

Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений експериментальними дослідженнями.

У вступі обґрунтовано вибір та актуальність теми дослідження, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульовані мета роботи і завдання досліджень, описано методи досліджень, наведені положення наукової новизни та практичного значення отриманих результатів.

У першому розділі проаналізовано вітчизняний і зарубіжний досвід використання бетону і фібробетону для влаштування та ремонту дорожніх і аеродромних покриттів. Показано, що жорсткі покриття активно використовуються в розвинутих країнах та планується збільшення частки жорстких покриттів доріг в Україні. Зазначається, що переваги бетонних покриттів полягають у їх стійкості до колеєутворення, високій міцності на розтяг при згині та морозостійкості при низькій стиратності. Зроблено аналіз можливих дефектів жорстких дорожніх і аеродромних покриттів та опис причин їх виникнення. Обґрунтовано властивості та особливості складів бетонів і фібробетонів для ремонту жорстких дорожніх і аеродромних покриттів. Вивчена наукова інформація щодо використання модифікаторів і дисперсного армування в швидкотвердіючих бетонах дорожніх покриттів. Детально обґрунтовано, що при вирішенні проблеми своєчасного ремонту або швидкого влаштування цементобетонних покриттів необхідно використовувати швидкотвердіючі бетонні суміші. Показано, що бетони з високою ранньою міцністю необхідно

проекувати з урахуванням сучасних водоредукуючих модифікаторів і прискорювачів твердіння. Це дає змогу якісно використовувати вітчизняну сировинну базу в'язучих без необхідності використання високомарочних дефіцитних портландцементів. За результатами проведеного аналізу технічної літератури надані теоретичні передумови досліджень, сформульовані робоча гіпотеза і мета роботи.

У другому розділі наведені характеристики використаних в роботі матеріалів, описані застосовані методи визначення властивостей зразків. Надані варійовані в експерименті фактори складу бетонів і фібробетонів для жорстких покриттів. Прийнята поетапна схема досліджень та використані методи їх проведення, разом з обраними вихідними матеріалами, дали можливість вирішити поставлені завдання та досягнути мети роботи.

Третій розділ присвячено розробці складів і дослідженням властивостей високофункціональних бетонів для ремонту та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів. Проведені дослідження з вивчення впливу різних типів цементів на властивості дорожніх бетонів, а також з визначення властивостей модифікованих дисперсно-армованих бетонів з поліпропіленою фіброю. Показано обмежену ефективність поліпропіленої фібри в бетонах для влаштування і ремонту жорстких покриттів. Досліджено вплив суперпластифікатора полікарбосилатного типу на міцність ремонтних бетонів на цементах певних складів. Досліджено вплив активної мінеральної добавки метакаоліну на властивості бетону для влаштування та ремонту покриттів. Встановлено, що заміна до частини цементної складової метакаоліном не викликає покращення фізико-механічних характеристик бетонів. Показано, що портландцемент ПЦЦ IV/A-500 Р можна вважати умовно перспективним з точки зору використання в'язучого з низькою кількістю клінкерної складової. Експериментально доведено, що використання дисперсного армування поліпропіленою фіброю та раціональної кількості модифікаторів дає можливість отримувати бетони для жорстких покриттів з підвищеними показниками міцності та морозостійкості при зменшенні стиранності в типових умовах експлуатації. Проаналізовано, що використання поліпропіленового волокна вимагає постійного контролю якості перемішування суміші через досить складний процес розподілу дрібних волокон у матеріалі при бетонуванні, чого важко досягнути при ремонтних роботах. Також доведено, що поліпропіленова фібра має низьку ефективність з метою підвищення міцності бетону на розтяг при згині, яка є важливою характеристикою ремонтних матеріалів для дорожніх покриттів.

У четвертому розділі викладені результати досліджень з визначення властивостей фібробетонів для глибинного ремонту та влаштування жорстких покриттів. Експериментально доведено, що за рахунок використання ефективного суперпластифікатора полікарбосилатного типу MasterGlenium SKY 608 водоцементне відношення всіх досліджених бетонних сумішей знаходилося в межах, які дозволили забезпечити підвищення показників фізико-механічних властивостей бетонів і фібробетонів дорожніх покриттів. Проведені дослідження з визначення міцності модифікованих використаним суперпластифікатором фібробетонів дозволили встановити, що при використанні раціональної кількості прискорювача

твердіння і сталеві анкерної фібри одержані матеріали характеризуються підвищеною міцністю при стиску і на розтяг при згині як в ранньому віці, так і у проектному віці. Це дозволило обґрунтувати ефективність розроблених модифікованих фібробетонів у якості матеріалу для влаштування і ремонту жорстких дорожніх та аеродромних покриттів, враховуючи необхідну адгезію нового ремонтного матеріалу до старого бетонного покриття. Досліджено, що фібробетони практично незалежно від кількості прискорювача твердіння характеризуються підвищеною зносостійкістю та морозостійкістю, що гарантує достатню довговічність матеріалу для влаштування і ремонту жорстких покриттів. Експериментами показано, що для бетонів, які використовуються для влаштування покриттів автодоріг і аеродромів, а також для ремонтних матеріалів, мінімізація об'ємних змін при твердінні матеріалу дозволяє забезпечити потрібну стійкість бетону від розтріскування та кращі показники адгезії до бетонної основи. Визначено, що модифіковані бетони в якості ремонтних матеріалів мають підвищену адгезійну міцність до старого бетону за рахунок дисперсного армування сталеві анкерною фіброю. Розроблені модифіковані фібробетони відповідають основним вимогам до матеріалів для влаштування і ремонту жорстких дорожніх та аеродромних покриттів.

П'ятий розділ присвячено впровадженню результатів досліджень. З використанням комплексу отриманих ЕС-моделей та з врахуванням адгезії до старого бетону і собівартості обрано раціональні склади фібробетонів для ремонту та влаштування дорожніх і аеродромних покриттів, які мають підвищену ранню міцність та забезпечують необхідну довговічність матеріалу виробу в типових умовах експлуатації. Для влаштування жорстких покриттів без висування вимог щодо більш швидкого введення в експлуатацію рекомендованих склади фібробетонів без прискорювача твердіння. Зазначено, що підбір складів фібробетонної суміші і фібробетону на її основі має корегуватися в залежності від конкретних умов стану ремонтної ділянки покриттів, термінів проведення ремонтно-відновлювальних робіт, кваліфікації виконавців та умови проведення цих робіт.

За результатами досліджень розроблено «Регламент з технології приготування і застосування швидкотвердіючого сталеві фібробетону для глибинного ремонту жорстких покриттів автодоріг і аеродромів», який затверджений у ТОВ «БАУТЕХ-Україна». В рукопису дисертації є відповідний акт впровадження та довідка про впровадження результатів досліджень в освітньому процесі Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Загальні висновки по роботі відповідають поставленій меті та задачам досліджень, відрізняються конкретністю викладання, відображають результати експериментів, наведених у роботі.

Аналіз змісту дисертації Крижановського Віталія Олександровича дозволяє оцінити її як закінчену наукову роботу, результати якої мають достовірну науково-технічну інформацію, що стосується можливості одержання високоміцних швидкотвердіючих бетонів для ремонту та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів з забезпеченою довговічністю. В цілому, можна зробити висновок про те, що основні наукові положення, які розробляються в розділах 3, 4

та 5 дисертаційної роботи є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих експериментальних результатах.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в розробці ефективних складів модифікованих фібробетонів для ремонту та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів з покращеними показниками якості та встановленні раціональної кількості суперпластифікатора полікарбонатного типу для дорожніх бетонів на різних типах цементів. Впровадження цих бетонів у практику влаштування дорожніх покриттів дасть змогу забезпечити їх необхідні експлуатаційні властивості зі скороченням технологічного процесу зведення.

Розроблено «Регламент з технології приготування і застосування швидкотвердіючого сталеві фібробетону для глибинного ремонту жорстких покриттів автодоріг і аеродромів», який затверджений у ТОВ «БАУТЄХ-Україна».

Результати експериментальних досліджень впроваджуються в освітній та науковий процес в Одеській державній академії будівництва та архітектури при підготовці здобувачів другого (магістерського) рівня освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Автомобільні дороги і аеродроми».

Обґрунтованість, достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень та випробувань, а також впровадженням результатів роботи.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстративних запозичень. Тому можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

Повнота викладання результатів у опублікованих працях.

Основні положення дисертаційного дослідження викладені у 16 друкованих працях: 4 статті у фахових виданнях України, 5 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, з них 3 статті, що індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science, 7 публікацій у матеріалах вітчизняних наукових конференцій. Результати аналізу публікацій здобувача засвідчують повноцінне висвітлення в них основних положень та результатів дисертаційного дослідження.

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи, а також містить необхідну інформацію, яка дає достатнє уявлення сутності досліджень і отриманих результатів.

По роботі є наступні зауваження:

1. Потребує роз'яснення такий вираз, що є в тексті дисертації при обґрунтуванні робочої гіпотези (стор. 54 дисертації), а саме «використання сучасних суперпластифікаторів, прискорювачів твердіння для досягнення високої міцності, зносостійкості, тріщиностійкості та морозостійкості бетонів для ремонту та влаштування жорстких покриттів». Не зрозуміло яким чином введення добавок або фібри може напряму впливати на формування властивостей матеріалів без

урахування структури. Адже, тріщиностійкість, морозостійкість, усадка, стиранність – це здатність матеріалу адаптуватися до зовнішніх впливів, і не взагалі матеріалу, а його структури. Тому слід акцент ставити саме на цілеспрямоване формування структури фібробетону для отримання виробів з потрібним рівнем властивостей, навіть, якщо обмежуватися поровим простором. А одержувати необхідні параметри структурних складових можна через організацію початкових умов структуроутворення шляхом ведення конкретного виду добавок та дисперсної арматури.

2. Не ясно яким чином зменшується усадка зразків за рахунок «здатності каркасу фібри утримувати структурні блоки композиту від переміщення при втраті вологи у процесі структуроутворення» (стор. 121 дисертації). Відомо, що так званий каркас фібри стає можливим при її кількості більш, ніж 18% по об'єму (умови утворення перколяційного кластеру), тоді як в дослідженнях прийнята кількість фібри до 100 кг/м^3 (в межах 5% по об'єму).

3. На рис. 4.17, стор. 127 дисертації, показані фото зламу зразків після випробування на розтягу при згині, на яких чітко видні стержні сталеві фібри. При експлуатації бетон неодмінно буде руйнуватися, і виникає питання щодо шкоди, яку можуть заподіяти ці стержні при русі транспорту по дорожньому покриттю.

4. Не наведені дані про вірогідність корозії дисперсної сталеві арматури в бетонах, особливо при практичній відсутності захисного шару, зокрема в умовах застосування антильодових реагентів.

5. При аналізі експериментально-статистичних моделей автор звертає увагу на вплив дисперсної арматури на величину адгезії ремонтного складу до основи. Потребує роз'яснення яким чином дисперсна арматура впливає на адгезію «нової» та «старої» частин покриття.

6. Не ясно яким чином автор враховує співвідношення деформативних і механічних характеристики старого та нового бетонів, оскільки при їх розбіжності виникають умови порушення безпеки руху транспорту, а також збільшується вірогідність швидкого виходу з ладу дорожніх покриттів.

Проте, наведені зауваження не знижують наукову і практичну цінність дисертації та в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Висновок:

Дисертаційна робота Крижановського Віталія Олександровича на тему «Модифіковані бетони і фібробетони для влаштування та ремонту жорстких дорожніх і аеродромних покриттів» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, новизною та практичним значенням, повнотою викладу результатів досліджень у фахових наукових виданнях є завершеною науковою працею, яка відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам, передбаченими наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «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 № 44 від 12 січня 2022 року. Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи вважаю, що її автор, Крижановський В.О., заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Рецензент:

доктор технічних наук, доцент,
завідувачка кафедри Архітектурних
конструкцій Одеської державної академії
будівництва та архітектури



Оксана КОРОБКО

ПІДПИС д.т.н., доцента Оксани КОРОБКО ЗАСВІДЧУЮ:

Начальник відділу кадрів ОДАБА



М. Зарицька