

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора,
професора кафедри будівельного виробництва Інституту будівництва та
інженерних систем Національного університету «Львівська політехніка»

Кропивницької Тетяни Павлівни

на дисертаційну роботу **Гедулян Дар'ї Юріївни** на тему:
«Фібробетони підвищеної довговічності для дорожніх одягів та транспортних
споруд», подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження. В умовах зростаючих навантажень на дорожню інфраструктуру, інтенсивного руху великовагового транспорту та потреби у довговічних дорожніх покриттях, особливої уваги набуває питання вибору ефективних та надійних матеріалів для будівництва і ремонту доріг. Сучасні вимоги до експлуатаційної надійності, довговічності та економічної ефективності дорожніх одягів і транспортних споруд зумовлюють необхідність застосування високоефективних бетонів з підвищеними фізико-механічними характеристиками та тривалим терміном служби. У зв'язку з активізацією дорожнього будівництва в Україні, особливо у межах державних програм модернізації інфраструктури, цементобетон все частіше розглядається як пріоритетний матеріал. У цьому контексті особливої наукової та практичної значущості набуває застосування фіброармованих бетонів підвищеної довговічності. Разом з тим, з урахуванням специфіки дорожнього та транспортного будівництва, складних умов експлуатації доріг, ще недостатньо вивчені закономірності формування структури та властивостей фібробетонів за умов комплексного впливу агресивних середовищ та експлуатаційних чинників. У зв'язку з цим, актуальним є розроблення фібробетонів підвищеної довговічності в конструкціях дорожніх одягів і транспортних споруд відповідно до вимог сучасного будівництва.

Обґрунтованість наукових положень і висновків. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані та підтверджені результатами експериментальних досліджень. Достовірність результатів забезпечується застосуванням стандартних методів, апробованих методик і відтворюваністю експериментальних результатів.

Основні **наукові положення та наукова новизна** полягають у встановленні закономірностей впливу полікарбоксилатного суперпластифікатора та дисперсного армування сталевую і поліпропіленовою фібрами на формування структури та властивостей фібробетонів, призначених для жорстких дорожніх покриттів і транспортних споруд. Автором експериментально обґрунтовано можливість підвищення міцності, зносостійкості та корозійної стійкості фібробетонів шляхом багатокритеріальної оптимізації складів з використанням методів експериментально-статистичного моделювання. Розвинено наукові підходи до

проектування складів модифікованих фібробетонів для жорстких дорожніх одягів і транспортних споруд з необхідною міцністю, стираністю та корозійною стійкістю.

Наукові дослідження були виконані здобувачем в Одеській державній академії будівництва та архітектури на кафедрі автомобільних доріг та аеродромів в межах держбюджетних науково-дослідних робіт «Розробка та впровадження сучасних технологій при будівництві автомобільних доріг, водопропускних споруд та аеродромів» (№ держреєстрації 0111U001249) та «Підвищення довговічності модифікованих бетонів для тонкостінних гідротехнічних і транспортних споруд» (№ держреєстрації 0116U003195) відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України.

Практичне значення. Результати досліджень впроваджено у виробництві ТОВ «Сілікат ЛТД» при влаштуванні мережі під'їздів важкої техніки та вантажівок до складських приміщень (м. Одеса, вул. Шота Руставелі, 9), а також ТОВ Науково-виробничий центр «ЕКОСТРОЙ+» при влаштуванні покриттів частини внутрішньодворового простору комплексу споруд (м. Одеса). Окремі результати досліджень використовуються в Одеській державній академії будівництва та архітектури в освітньому процесі при підготовці магістрів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія за освітньою програмою «Автомобільні дороги і аеродроми».

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності. За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Гедулян Д.Ю. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям дослідження щодо розроблення фібробетонів підвищеної довговічності для дорожніх одягів та транспортних споруд.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Гедулян Дар'ї Юріївни є результатом самостійних досліджень здобувача та не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційна робота написана українською мовою та складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 166 сторінок і містить 18 таблиць, 36 рисунків, список використаних джерел із 251 найменування та додатків. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Аналіз основного змісту дисертації.

У першому розділі дисертації представлено аналіз світового та вітчизняного досвіду використання жорстких дорожніх покриттів у будівництві доріг. Проаналізовано особливості складів та технологічних рішень при виготовленні дисперсно-армованих бетонів для дорожніх одягів та транспортних споруд.

Представлено переваги жорстких цементобетонних покриттів доріг та транспортних систем над асфальтобетонними, зокрема високі показники довговічності. Показано, що основними деструктивними впливами для даних типів конструкцій є цикли заморожування-відтавання, абразивна дія, а також вплив агресивного середовища, що спричиняють поступове руйнування покриття та зниження їхньої експлуатаційних властивостей. Проведено оцінку впливу дисперсного армування та модифікаторів на управління та формування структури бетонів. На основі викладеного автором визначена робоча гіпотеза, на основі якої сформульовано мету та завдання досліджень.

У другому розділі наведено методику досліджень фізико-механічних властивостей фібробетонів, описана загальна блок-схема проведення досліджень, яка включає п'ять етапів. Представлено основні характеристики матеріалів, таких як портландцемент CRH ПЦ II/A-III-500 P-H виробництва ТОВ «Цемент», крупний та дрібний заповнювачі, полікарбоксилатний суперпластифікатор MC-Bauchemie, сталева анкерна та поліпропіленова фібри. Для розрахунку поліноміальних моделей та їхнього регресійного аналізу, а також графічного представлення результатів моделювання автором використано діалогову систему COMPEX, розроблену в Одеській державній академії будівництва та архітектури під керівництвом В. А. Вознесенського, в якій реалізовано алгоритм послідовного регресійного аналізу. Наведено план експерименту та склади досліджених фібробетонів.

У третьому розділі проведено розробку складів та дослідження властивостей фібробетонів зі сталеною і поліпропіленовою фіброю. Автор представляє блок-схему проведеного експериментального дослідження на першому етапі з врахуванням порівняння міцності на стиск бетонів, які тверднули в різних середовищах протягом 6 і 12 місяців. Встановлено, що використання поліпропіленової фібри у складах фібробетонів дозволило підвищити міцність на стиск через 7 і 28 діб на 7,6-2,6%, а сталевій фібри - на 11,3-16,4%, порівняно з контрольним складом. Показано, що введення фібр дозволяє знизити показник стираності фібробетонів на 39,1% (поліпропіленова фібра) та 30,9% (сталеві фібри) та отримати фібробетони з маркою стираності G3 та G2. Досліджені автором фібробетони характеризуються маркою за морозостійкістю F200, що дозволяє їхнє використання для дорожніх покриттів відповідно до нормативних вимог. Виявлено, що збільшення вмісту фібри, як поліпропіленової, так і сталеві в складах бетонів до 3 та 20 кг/м³ відповідно, після зберігання зразків у кислотному середовищі протягом 6 і 12 місяців характеризуються найвищою міцністю 40-42 МПа. При цьому більш стабільними значеннями втрати маси характеризуються бетони зі сталеною фіброю. Методом рентгенофазового аналізу за Рітвельдом досліджено фазовий склад цементно-піщаної матриці бетону після 12 місяців витримання у воді та кислому середовищі. Встановлено, що еtringіт в кількості 4,7% утворюється після тверднення бетону в сульфатному середовищі. Автор наводить висновки до роділу 3, які доцільно було розширити та більш чітко обґрунтувати одержані результати досліджень.

Четвертий розділ присвячено дослідженню впливу поліпропіленової фібри і полікарбоксилатного суперпластифікатора на властивості фібробетонів для жорстких дорожніх покриттів та транспортних споруд. Автором проведено дослідження бетонних сумішей марки за рухомістю S1. Склади жорстких сумішей фіброармованих бетонів розроблено з використанням методу математичного планування експерименту. Для більш детального аналізу впливу варійованих факторів на В/Ц, міцність на стиск та вигин, стираність досліджуваних фібробетонів за ЕС-моделлю автором побудовані діаграми у вигляді кубу. Проведено оцінку собівартості розроблених фібробетонів. З використанням комплексу побудованих ЕС-моделей методом багатокритеріальної оптимізації обрано оптимальні склади фібробетонів для жорстких дорожніх одягів доріг Іа категорій. Процедура вибору оптимальних складів проведено графічним методом на діаграмах типу «квадрат». Обрані склади фібробетонів з витратою цементу 300 кг/м³ мають найменшу собівартість при забезпеченні необхідної міцності на стиск ($f_{ck.cube} = 50$ МПа) та розтяг при вигині ($f_{ctk} = 6,27$ МПа) та підвищену довговічність. Представлено впровадження розроблених фібробетонів на ТОВ «Сілікат ЛТД» та ТОВ Науково-виробничий центр «ЕКОСТРОЙ+» (м. Одеса).

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. Основні положення дисертації висвітлено у 8 наукових публікаціях здобувача, з них 2 статті у фахових виданнях України, 2 - у періодичних наукових виданнях інших держав, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; 4 публікації у матеріалах конференцій. Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на конференціях різного рівня, що можна вважати достатніми.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Автор в об'єкті та предметі досліджень зазначає про застосування як поліпропіленової, так і сталеві фібри в складах фібробетонів (с. 20). В той же час, третій розділ дисертації також присвячений розробці складів фібробетонів зі сталевією і поліпропіленовією фібрами. При цьому в робочій гіпотезі автору слід зазначити доцільність застосування сталевієї фібри в складах фібробетонів.
2. В табл. 2.7 (с.71) наведено план експерименту та склади досліджуваних фібробетонів, які використано в розділі 4. В якості крупного заповнювача застосовано щебінь фр. 5-20 мм ТОВ «ТД «КІРОВОГАДГРАНІТ», для якого не наведена насипна густина. Згідно з табл. 2.6, витрата щебеню наведена в кг/м³, при цьому розрахункова середня густина сумішей складає близько 2433 кг/м³. У той же час, витрата щебеню (табл. 2.7) на отримання 1 м³ бетону закладена в л/м³. В той же час, слід було порівняти розрахункову та реальну середні густини фібробетонних сумішей відповідно до табл. 2.7.
3. У розділі 3 автор обмежилась дослідженнями лише 7-ми складів бетонів, в яких показано вплив поліпропіленовієї фібри (склади 1-4) та сталевієї фібри (склади 5-7) та суперпластифікатора ПК при сталому В/Ц=0,5. Доцільно було дослідити сумісний вплив сталевієї та поліпропіленовієї фібри при нижчих значеннях

водоцементного відношення, які розглядаються в розділі 4, та провести оптимізацію складів, що дозволило б досягнути вищих значень показників довговічності (морозостійкість, корозійна стійкість, стираність).

4. Автор досліджує міцнісні характеристики бетонів (табл. 3.1, с.77, рис. 3.2, 3.4) через 7 та 28 діб тверднення. Слід було представити результати ранньої міцності на стиск і згин через 1 та 2 доби тверднення, що дозволило б оцінити ефективність використання розроблених фібробетонів в умовах інтенсивного будівництва та ремонту дорожнього покриття.
5. Досліджено корозійну стійкість бетонів та фібробетонів у кислотному середовищі (п.3.3). Після року витримування зразків у кислому середовищі автором проведено візуальний аналіз зразків і виявлено окремі поверхневі дефекти, викликані корозією (рис. 3.11). Неясно, чи проводився пошаровий аналіз дослідження впливу проникнення кислотного середовища всередину тіла розроблених бетонів і до якої глибини відбуваються корозійні процеси? Незрозуміло, з якою метою для виявлення впливу солей, викликаних хлоридами, вибрана сірчана кислота. Слід більш детально обґрунтувати механізми дії руйнівних фізико-хімічних процесів внаслідок проникнення сірчаної кислоти в бетоні.
6. У розділі 4 автор проводить оптимізацію складу жорстких бетонів з використанням експериментально-статистичного моделювання. В складах фібробетонних сумішей № 1-15 при значеннях осадки конусу від 2 до 4 см значення фактору X_3 (кількість суперпластифікатора MC-PowerFlow 3200) змінювалось від 1,0 до 1,6 мас.%. При цьому неясно, як змінювалось повітрязахоплення бетонних сумішей даних складів. Встановлення оптимального вмісту повітря в сумішах забезпечує стійкість бетону до впливу поперемінного заморожування та відтавання. Тому слід було дослідити сумісний вплив добавок пластифікуюче-повітровтягувальної дії, що дозволило б підвищити морозостійкість фібробетонів.
7. В розділі 4 (п. 4.2-4.4), автор наводить результати досліджень міцності та стираності фібробетонів. В той же час, для бетонів для дорожніх одягів одним з основних показників є морозостійкість. Доцільно було дослідити морозостійкість розроблених складів фібробетонів, так як одним із завдань, яке було поставлене автором є «дослідити вплив кількості поліпропіленової фібри і суперпластифікатору на стираність і морозостійкість фібробетонів як основних показників, що визначають довговічність конструкцій дорожніх одягів і транспортних споруд» (с.19).
8. Автор представляє (розділ 4, п. 4.5) розрахункові механічні характеристики та оцінку собівартості оптимальних складів фібробетонних сумішей для жорстких дорожніх одягів (с.123, табл. 4.6). Разом з тим, доцільно було розрахувати техніко-економічну ефективність від впровадження даної розробки.

В тексті дисертації є друкарські помилки та неточності.

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.

Дисертаційна робота Гедулян Дар'ї Юріївни на тему «Фібробетони підвищеної довговічності для дорожніх одягів та транспортних споруд» за актуальністю, обсягом виконаних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичної цінності, повнотою викладу результатів досліджень у наукових виданнях є завершеною науковою працею, 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» (зі змінами) і «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 та актуальність наукових досліджень вважаю, що її автор, Гедулян Дар'я Юріївна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:

Професор кафедри будівельного виробництва
Інституту будівництва та інженерних систем
Національного університету
«Львівська політехніка»,
доктор технічних наук, професор

Тетяна КРОПИВНИЦЬКА

Особистий підпис д.т.н., професора Кропивницької Т.П. “засвідчую”

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»

Роман БРИЛИНСЬКИЙ

М.П.



05

2025 року