

Голові разової спеціалізованої
ради ДФ 41.085.033 Одеської
державної академії будівництва та
архітектури д.т.н. доценту
Мартинову Володимирі Івановичу

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента кафедри технології
будівельних виробів і матеріалознавства
Навчально-наукового інституту будівництва та архітектури
Національного університету водного
господарства та природокористування
Марчука Віталія Вікторовича
на дисертаційну роботу **Гедулян Дар'ї Юріївни**

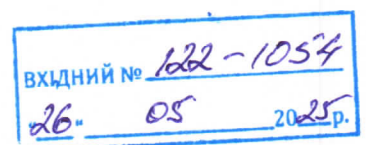
на тему:

**“Фібробетони підвищеної довговічності для дорожніх одягів та
транспортних споруд”,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Актуальність теми дослідження.

Жорсткі дорожні покриття набули широкого поширення в США, країнах Європейського Союзу та багатьох інших економічно розвинених державах. Останнім часом в Україні цементобетонні покриття все активніше використовуються як під час нового будівництва, так і при капітальному ремонті доріг. У порівнянні з більш традиційними асфальтобетонними покриттями, жорсткі мають ряд переваг, що підвищує безпеку руху.

Цементобетонні покриття служать приблизно вдвічі довше, ніж асфальтобетонні, до моменту проведення капітального ремонту. Завдяки цьому, навіть за умов дещо вищої вартості будівництва, їх використання є економічно доцільним з урахуванням витрат на обслуговування та ремонт упродовж усього періоду експлуатації. Однак існує проблема підвищення довговічності та надійності бетонів для жорстких дорожніх покриттів і транспортних споруд. В таких умовах одним із перспективних рішень є застосування фібробетонів. Таким чином, розроблення фібробетонів підвищеної довговічності для дорожніх одягів та транспортних споруд є, без сумніву, актуальними.



Доцільність вибору теми дослідження та її актуальність підтверджується тим, що вона відповідає науковому напрямку кафедри автомобільних доріг та аеродромів Одеської державної академії будівництва та архітектури в рамках держбюджетних тем «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).

Склад і структура дисертаційної роботи.

Дисертація, виконана Гедулян Д. Ю., складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (251 найменувань) та додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 166 сторінок та містить 18 таблиць і 36 рисунків.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

У **вступі** дисертанткою було обґрунтовано актуальність та наукову новизну роботи, відображено зв'язок з науковими програмами, планами та темами, сформульовані мета і завдання роботи, описані використані методи досліджень.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний досвід використання бетону та фібробетону для влаштування жорстких дорожніх одягів і транспортних споруд. Встановлено, що такі покриття широко застосовуються на автомагістралях розвинених країн, завдяки високій міцності, стійкості до утворення колій та довговічності. Описано основні чинники, що спричиняють руйнування бетонних конструкцій: циклічне заморожування-відтаювання, абразивне навантаження та вплив агресивних середовищ (зокрема реагентів проти ожеледиці). Визначено, що підвищити довговічність бетонів можна за рахунок використання суперпластифікаторів та дисперсного армування — зокрема, поліпропіленовою або сталевую фіброю. Сформульовано робочу гіпотезу дослідження. З огляду на це визначено мету роботи.

У **другому розділі** подано методики проведення дослідження фізико-механічних властивостей бетонів і наведені характеристики використаних матеріалів. Приведена загальна послідовність проведення досліджень.

Третій розділ присвячено розробці складів та дослідженню властивостей фібробетонів з використанням комбінованого армування сталевую та поліпропіленовую фіброю. У межах досліджень було розглянуто сім складів бетонних сумішей. Серед них — контрольний, без фібри з проєктним класом С20/25, три з поліпропіленовую фіброю у кількості 2,0, 2,5 та 3,0 кг/м³, та три

з сталеною анкерною фіброю у кількості 15, 20 та 25 кг/м³. Всі досліджувані склади мали однакову легкоукладальність S4, що забезпечувалося регулюванням кількості суперпластифікатора на основі полікарбоксилатів.

У результаті порівняльного аналізу властивостей бетонів із різними типами фібри встановлено, що дисперсне армування як сталеною анкерною фіброю, так і поліпропіленою фіброю позитивно впливає на основні характеристики бетонів, зокрема міцність на стиск, розтяг при згині, зносостійкість та морозостійкість.

Зокрема, при використанні сталеної фібри приріст міцності на стиск у віці 7 діб становив у середньому 11,3%, а при використанні поліпропіленої фібри - 7,6%. У віці 28 діб приріст міцності на стиск складав у середньому 16,4% для сталеної фібри та 12,6% для поліпропіленої. Міцність на розтяг при згині у віці 28 діб зросла на 30,4% при використанні сталеної фібри та на 30,2% - при використанні поліпропіленої фібри. Позитивні результати отримано й щодо стиранності бетонів. При додаванні сталеної фібри вона знижувалася на 0,08–0,16 г/см² (~ 30,9%), а при додаванні поліпропіленої фібри - на 0,1–0,18 г/см² (~ 39,1%). Показано, що обидва типи армування позитивно впливають на морозостійкість бетонів. Клас морозостійкості фібробетонів сягав F200, тоді як контрольний бетон без фібри мав клас F150.

Окрему увагу приділено дослідженню впливу фібри на корозійну стійкість бетонів в умовах кислотного середовища з рН = 3. Встановлено, що обидва типи фібри сприяють покращенню корозійної стійкості, однак поліпропіленова фібра виявилася не менш ефективною за сталеву. Це пояснюється кращим зчепленням поліпропіленових волокон із матрицею бетону та їх хімічною інертністю до кислот. Використання фібри «Baumesh» у кількості 3,0 кг/м³ дозволяє досягти навіть вищої корозійної стійкості, ніж при застосуванні сталеної фібри у кількості 25 кг/м³. Доведено, що введення поліпропіленої фібри у кількості до 3 кг/м³ забезпечує такий самий рівень підвищення міцності на стиск і на розтяг при згині, морозостійкості та зносостійкості, як і використання сталеної фібри до 25 кг/м³. Проте через значну різницю в дозуванні фібри зростання вартості 1 м³ бетону при використанні сталеної фібри є суттєвішим, ніж при використанні поліпропіленої.

У **четвертому розділі** виконано трьохфакторний експеримент В₃ за D-оптимальним планом. У дослідженні варіювалися фактори складу: X₁ - кількість портландцементу в межах від 300 до 380 кг/м³; X₂ - кількість поліпропіленої фібри у межах від 2,5 до 3,5 кг/м³; X₃ - кількість суперпластифікатора від 1,0 до 1,6% маси цементу. Рухомість усіх досліджуваних сумішей була S1. Установлено, що при збільшенні кількості цементу у фібробетонній суміші при сталій рухомості значення В/Ц

зменшується. Аналогічний за масштабом ефект зниження В/Ц досягається і при підвищенні вмісту СП від 1,0 до 1,6% маси цементу. У той же час зміна кількості фібри у межах експериментального простору має лише незначний вплив на показник В/Ц.

Зміна кількості волокон у дослідженому діапазоні майже не впливає на міцність фібробетонів на стиск. Так, збільшення вмісту фібри з 2,5 до 3,5 кг/м³ при вмісті в'язучого в межах 300–340 кг/м³ та дозуванні СП 1,0–1,3% спричиняє підвищення міцності на стиск до 8%. Водночас при максимальних значеннях вмісту цементу (380 кг/м³) і суперпластифікатора (1,6%) подальше підвищення дозування фібри понад 2,5 кг/м³ не тільки не дає позитивного ефекту, а й призводить до незначного зниження міцності на стиск.

Міцність фібробетону на розтяг при згині зростає зі збільшенням кількості цементу у складі суміші. Додаткове підвищення кількості суперпластифікатора також сприяє покращенню цього показника. Встановлено, що збільшення кількості фібри з 2,5 до 3,0 кг/м³ забезпечує приріст міцності бетону на розтяг при згині на 0,7–0,8 МПа. Максимальний показник міцності на розтяг при згині фібробетонів, отриманих у межах експерименту, досягав 7,42 МПа.

Дослідження показали, що збільшення вмісту поліпропіленової фібри суттєво покращує зносостійкість фібробетону. Зокрема, склади із вмістом фібри 3,0 кг/м³ та суперпластифікатора 1,3% від маси цементу продемонстрували високу зносостійкість ($G < 0,25$ г/см²), що позитивно впливає на довговічність бетонних покриттів, призначених для експлуатації в умовах високих механічних навантажень. Комплексне застосування поліпропіленової фібри та суперпластифікатора дозволяє зменшити стираний бетон на 50,7%. Оптимальні склади фібробетонів забезпечують мінімальну собівартість за умови досягнення необхідного рівня міцності та підвищеної довговічності.

Оптимальні склади фібробетонів, визначені за результатами досліджень, були впроваджені ТОВ «Сілікат ЛТД» при улаштуванні мережі під'їзних шляхів для важкої техніки та вантажного транспорту до складських приміщень за адресою: м. Одеса, вул. Шота Руставелі, 9. Окрім того, фібробетони за розробленими складами були використані ТОВ Науково-виробничий центр «ЕКОСТРОЙ+» під час улаштування покриттів внутрішньодворового простору комплексу споруд у місті Одесі.

Результати проведених досліджень також активно використовуються в освітньому процесі Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вони інтегровані у навчальні програми підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою

«Автомобільні дороги та аеродроми» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Наукова новизна полягає в тому, що автором:

- встановлено закономірності впливу на властивості та структуру фібробетонів для жорстких дорожніх одягів і транспортних споруд на основі полікарбосилатного суперпластифікатору та дисперсного армування сталевую і поліпропіленовою фіброю;
- експериментально підтверджена можливість підвищення міцнісних показників (міцність на стиск, розтяг при згині, морозостійкість, зносостійкість) ;
- корозійної стійкості бетонів за рахунок застосування раціональної кількості СП полікарбосилатного типу та поліпропіленової фібри;
- встановлено, що дисперсне армування поліпропіленовою фіброю підвищує корозійну стійкість бетонів в кислотному середовищі в більшій ступені, ніж використання сталеві фібри;
- з використанням методів планування експерименту і експериментально-статистичного моделювання проведена багатокритеріальна оптимізація складів фібробетонів з необхідною міцністю і підвищеною довговічністю;
- отримали подальший розвиток наукові засади проєктування складів модифікованих фібробетонів дорожніх одягів і транспортних споруд з необхідною міцністю, підвищеною довговічністю та корозійною стійкістю.

Практичне значення.

Використання комплексу ЕС-моделей дає змогу визначити оптимальні склади фібробетонів для дорожніх одягів і транспортних споруд з необхідними міцнісними характеристиками та довговічністю. Рекомендовані склади фібробетонів були впроваджені ТОВ «Сілікат ЛТД» при улаштуванні мережі під'їзних шляхів для важкої техніки та вантажного транспорту до складських приміщень за адресою: м. Одеса, вул. Шота Руставелі, 9. Окрім того, фібробетони за розробленими складами були використані ТОВ Науково-виробничий центр «ЕКОСТРОЙ+» під час улаштування покриттів внутрішньодворового простору комплексу споруд у місті Одесі.

Результати досліджень використовуються в освітньому процесі в Одеській державній академії будівництва та архітектури при підготовці магістрів за освітньо-професійною програмою «Автомобільні дороги та аеродроми» (спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульовані дисертанткою на основі досліджень фібробетонів для

дорожніх одягів і транспортних споруд з необхідною міцністю та підвищеною довговічністю та корозійною стійкістю за рахунок використання раціональної кількості поліпропіленової фібри і суперпластифікатору полікарбоксилатного типу. Підбір складів бетонів проводився відповідно до рекомендацій діючих нормативних документів. Фізико-механічні властивості бетонних сумішей і бетонів визначалися відповідно до діючих нормативів на повіреному обладнанні. Проводився комплексний порівняльний аналіз отриманих даних. Це свідчить про високу достовірність отриманих експериментальних результатів, достатню обґрунтованість висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

У дисертаційній роботі відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відмітити певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1. Ви вказуєте, Р.1.1, що цемент для бетонів жорстких дорожніх покриттів має виготовляється на основі клінкеру нормованого складу з вмістом C_3A не більше 7% за масою, однак, використаний портландцемент має в клінкері вміст C_3A - 7,4, що може спричинити зниження морозостійкості та довговічності. В даному випадку доцільно виконати дослідження з ПЦ-I та ПЦ II/A-III 500 з вмістом C_3A до 7%.

2. В розділі 2.1. с.64 вказано, що в конструкціях автомобільних доріг вміст сталеної фібри рекомендовано на рівні 50-100 кг/м³, але в подальших випробуваннях було використано 15-25 кг/м³, чим це зумовлено?

3. У дослідженнях проводилося порівняння ефективності застосування сталеної та поліпропіленової фібри в бетонах жорстких дорожніх одягів і транспортних споруд, однак згідно ДСТУ 8858:2019 «Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови» П. 6.1.7 до складу цементобетонів вводять поліпропіленову фібру, типу «поліарм» або «мікроарм», з яких міркувань було обрано сталеву.

4. Виходячи з яких міркувань в дисертаційній роботі обирали вміст поліпропіленової фібри «Baumesh» враховуючи те, що згідно ДСТУ 8858:2019 є чіткі межі вибору кількості та типу поліпропіленової фібри.

5. Доцільно було би дослідити вплив іншого агресивного середовища (хлориди, сульфати, луги) на властивості бетонів жорстких дорожніх одягів і транспортних споруд.

6. Як відомо для бетонів дорожніх одягів одним з основних параметрів є морозостійкість, що залежить від вміст втягнутого повітря, тому доцільно було би дослідити даний параметр так як він змінюється при зміні факторів складу.

7. В Розділі 4.1, згідно ДБН В.2.3-4:2015, вибрано показник легкоукладальності бетонної суміші S1, однак в Розділі 3 даний показник – S4 чим це пояснюється.

8. В роботі вказується Р.4.4, що підвищення кількості добавки суперпластифікатору в інтервалі дозування від 1% до 1,45% знижує стиранність бетону, а поступове збільшення дозування добавки до 1,6% вже не ефективно, що може пояснюватись подальшим обмеженням її впливу на В/Ц суміші, в даному випадку доцільно навести стиранність залежно від В/Ц.

9. В дисертаційній роботі доцільно було б виконати дослідження процесів структуроутворення, в тому числі за допомогою скануючої електронної мікроскопії, що дало б змогу більш точно дослідити корозійну стійкість та довговічність фібробетонів для дорожніх одягів та транспортних споруд і обґрунтувати доцільність їх використання.

Наведені зауваження не знижують наукової і практичної цінності дисертаційної роботи Гедулян Д. Ю і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації у повній мірі відображено у 8 працях з них: 2 статті у наукових фахових виданнях України, 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав (одна з них індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science, Q2, інша індексуються наукометричною базою Scopus), 4 тези доповідей у збірниках наукових конференцій.

Праці Гедулян Д. Ю. відповідають п.11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №176. Приведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня, де доповідались основні положення та результати досліджень.

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації.

Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертаційної роботи та досить повно висвітлює її основні результати та висновки.

Висновок.

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що дослідження Гедулян Дар'ї Юріївни «Фібробетони підвищеної довговічності для дорожніх одягів та транспортних споруд» є завершеним самостійним науковим дослідженням та 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:

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри технології

будівельних виробів і матеріалознавства

Навчально-наукового інституту

будівництва та архітектури

Національного університету водного

господарства та природокористування

Віталій МАРЧУК



Олександр ЛІАНЬ