

Голові разової спеціалізованої ради ДФ 41.085.010  
в Одеській державній академії будівництва та архітектури  
д.т.н., проф. Вировому Валерію Миколайовичу

### **ВІДГУК**

офіційного опонента доктора технічних наук, професора,  
завідувача кафедри будівельного виробництва  
Національного університету «Львівська політехніка»

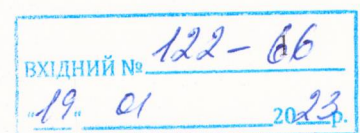
**Саницького Мирослава Андрійовича**

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

**Склад і структура дисертаційної роботи.** Дисертація  
В.О. Крижановського представлена в об'ємі 185 сторінок з 49 рисунками,  
19 таблицями та 2 додатками, що містять зокрема акти впровадження  
результатів досліджень. Перелік використаних літературних джерел  
налічує 282 найменування.

**Актуальність теми.** Жорсткі цементобетонні дорожні покриття мають  
багато експлуатаційних переваг перед нежорсткими асфальтобетонними,  
насамперед це відсутність колійності та висока довговічність. Такі  
властивості жорстких покриттів обумовлюють їх широке використання для  
найбільш завантажених ділянок доріг в Україні та світі в цілому. Для  
аеродромних покриттів за останні десятиліття також переважно  
використовуються цементобетони. При виготовленні бетонів для жорстких  
покриттів необхідно постійно враховувати особливості сировинної бази  
різних регіонів, зокрема фактично наявні на ринку типи цементів. У зв'язку  
з цим, завдання з розроблення високоміцних бетонів для влаштування  
жорстких дорожніх та аеродромних покриттів із забезпеченою  
довговічністю є актуальною проблемою.

Слід також наголосити на необхідності розробки ефективних бетонів  
для ремонту жорстких дорожніх і аеродромних покриттів, що також  
визначає актуальність проведення таких досліджень. Це зумовлено, по-  
перше, зростанням кількості доріг з цементобетонним покриттям, по-друге,  
наявністю в Україні достатньо великої кількості доріг з залізобетонних  
плит, термін експлуатації яких складає понад 40 років, по-третє,  
масштабними руйнуваннями транспортної інфраструктури, спричиненими  
агресією проти нашої країни.



Актуальність вибраного напрямку досліджень підтверджується тим, що робота виконувалась в рамках держбюджетної теми Одеської державної академії будівництва та архітектури «Розробка та впровадження сучасних технологій при будівництві автомобільних доріг, водопропускних споруд та аеродромів» (№ держреєстрації 0111U001249).

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

Основні **наукові положення** роботи полягають у розробленні принципів отримання високоміцних швидкотверднучих бетонів для ремонту і влаштування жорстких дорожніх та аеродромних покриттів з необхідною довговічністю за рахунок використання сталеві дисперсної арматури та комплексної модифікації суперпластифікатором полікарбосилатного типу і прискорювачем твердіння. В дисертаційній роботі також представлена ефективність використання таких бетонів для глибинного ремонту жорстких покриттів, при цьому вдосконалена технологія такого ремонту.

В якості **наукової новизни** слід відзначити наступне:

- теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена можливість регулювання основних механічних властивостей та структури бетонів жорстких дорожніх покриттів на різних типах портландцементів при застосуванні суперпластифікатора полікарбосилатного типу;

- на основі комплексного дослідження впливу сталеві анкерної фібри, суперпластифікатора полікарбосилатного типу та прискорювача тверднення на адгезійну міцність, стійкість до стираності розроблено ефективні фібробетони для ремонту та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів;

- подальшого розвитку набули фізико-механічні основи композиційної побудови високоміцних фібробетонів, які забезпечують довговічність жорстких дорожніх і аеродромних покриттів в типових умовах експлуатації;

- з використанням методів планування експерименту і експериментально-статистичного моделювання проведено оптимізацію складів високоміцних швидкотверднучих фібробетонів.

**Практична цінність** отриманих результатів полягає в розробленні складів модифікованих фібробетонів для ремонту та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів з високими рівнями міцності на стиск і на розтяг при згині в ранньому та проектному віці, а також морозостійкості, зносостійкості та адгезії до старого бетону. Практичне значення підкріплено розробленим за участю автора і затвердженим на виробництві Регламентом з технології приготування та застосування швидкотверднучого сталеві фібробетону для глибинного ремонту жорстких покриттів автодоріг і аеродромів. Позитивною ознакою також є те, що результати досліджень використовуються в освітньому процесі в Одеській

державній академії будівництва та архітектури при підготовці магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується також на представленому в роботі аналітичному і експериментальному матеріалах.

У першому розділі здобувачем проведено аналіз досвіду використання фібробетонів для влаштування та ремонту дорожніх і аеродромних покриттів в Україні, Європейському Союзі, США та інших країнах. Показано переваги використання жорстких покриттів. Представлено дефекти та пошкодження жорстких дорожніх і аеродромних покриттів, при цьому здобувач ілюструє даний матеріал авторськими фото. Описано основні причини виникнення пошкоджень покриттів при експлуатації. Обґрунтована ефективність використання швидкотверднучих бетонів і фібробетонів як ремонтних матеріалів для жорстких покриттів, проаналізовано особливості складів та властивостей таких бетонів.

*Аналіз літературних джерел* щодо методів управління структурою та властивостями бетонів для влаштування та ремонту дорожніх і аеродромних покриттів дозволив автору сформулювати наукову гіпотезу, що найбільш ефективними методами досягнення високої ранньої міцності одночасно з високою зносостійкістю, тріщиностійкістю і морозостійкістю бетону для ремонту та влаштування жорстких покриттів є комплексне використання суперпластифікатора, прискорювача твердіння та дисперсного армування. За рахунок раціонального підбору складу модифікованих фібробетонів можливе зниження їх усадочних деформацій при твердненні, що позитивно відобразиться на адгезії матеріалу. В той же час, у науковій гіпотезі автору слід було вказати на доцільність виявлення особливостей процесів структуроутворення в цементуючій матриці бетону.

В цілому, матеріал розділу викладено логічно в послідовності, яка дозволила коректно сформулювати мету, наукову гіпотезу та задачі досліджень. Окремо слід відзначити значну кількість проаналізованих автором сучасних джерел інформації.

Другий розділ присвячено характеристиці матеріалів і опису застосованих методів досліджень. У розділі також наведена загальна послідовність проведення досліджень, яка складається з декількох пов'язаних етапів. Прийнята загальна схема досліджень та використані методи проведення досліджень і матеріали дають можливість вирішити поставлені завдання та досягнути мети роботи.

Третій розділ присвячений дослідженню властивостей високоміцних бетонів для ремонту та влаштування жорстких покриттів. Здобувачем проведено дослідження властивостей бетонів на різних типах портландцементу рекомендовано раціональний цемент для бетонів дорожніх покриттів. При цьому також проаналізовані властивості

фібробетонів з поліпропіленою фіброю. Досліджено вплив суперпластифікатора полікарбонатного типу на міцність і структуру бетонів, визначено раціональну кількість добавки MasterGlenium SKY 608 для бетонів дорожніх покриттів. Розроблено склади бетону з високою ранньою і проектною міцностями. В даному розділі також наведено результати дослідження впливу активної мінеральної добавки метакаоліну на властивості бетону для влаштування та ремонту жорстких дорожніх і аеродромних покриттів. Встановлено, що з врахуванням вартості метакаоліну на сьогодні його застосування не можна визнати раціональним, але в перспективі використання пуцоланових активних мінеральних добавок в бетонах дорожніх покриттів може бути доцільним для підвищення довговічності в різних умовах експлуатації. В цілому дослідження, результати яких наведені у третьому розділі, дозволили автору логічно перейти до розробки ефективних складів фібробетонів для дорожніх покриттів.

У четвертому розділі наведені результати досліджень властивостей фібробетонів для глибинного ремонту (full-depth repair) та влаштування жорстких дорожніх і аеродромних покриттів. Експеримент проводився за оптимальним планом із застосуванням методів експериментально-статистичного моделювання. При цьому варіювалися кількість фібри і прискорювача тверднення. Розробка складів фібробетонів з сталеву анкерною фіброю проводилися на основі результатів, отриманих на попередніх етапах досліджень. Здобувачем показано, що за рахунок дисперсного армування міцність на стиск бетонів для жорстких покриттів як у ранньому, так і у проектному віці зростає на 8-13%, а міцність на розтяг при згині зростає на 50-90%. Крім цього дисперсне армування підвищує морозостійкість і зносостійкість бетону, що забезпечує необхідну довговічність покриттів. Встановлено, що прискорювач тверднення суттєво підвищує ранню міцність бетону, що важливо для проведення ремонтних робіт дорожнього полотна при необхідності швидкого відновлення руху.

Значну увагу в четвертому розділі також присвячено дослідженню усадки бетону при твердінні та його адгезії до «старого» бетону, що важливо для ремонтних складів. Адгезійна міцність визначалася двома методами (відриву та розтягу при згині), що покращило достовірність результатів. Також позитивним моментом є те, що при визначенні адгезії порівнювалися два основних методи обробки поверхні при ремонті: змочування та обробка ґрунтовкою.

Розроблені в рамках дисертаційної роботи модифіковані фібробетони відповідають усім основним вимогам до матеріалів для влаштування і ремонту жорстких дорожніх та аеродромних покриттів. Їх застосування забезпечує якісну спільну роботу ремонтного матеріалу з основою.

П'ятий розділ присвячений вибору оптимальних складів фібробетонів і впровадженню результатів проведених досліджень. Для вибору оптимальних складів фібробетонів для ремонту і влаштування жорстких дорожніх та аеродромних покриттів використовувався комплекс експериментально-статистичних моделей. З врахуванням адгезії до старого бетону та собівартості обрано оптимальні склади для глибинного ремонту та влаштування жорстких покриттів, які мають високу ранню міцність та забезпечують необхідну довговічність. Також у розділі описані розроблені технологічні прийоми для застосування отриманих складів дисперсно-армованих бетонів при ремонті жорстких дорожніх і аеродромних покриттів. Розроблений регламент з технології приготування і застосування швидкотверднучого сталеві фібробетону для глибинного ремонту жорстких покриттів, який затверджений у ТОВ «БАУТЄХ-Україна». Здобувач є одним з розробників технологічного регламенту.

В цілому, наведений аналіз результатів досліджень дозволяє зробити загальний висновок, що деякі висновки автора є дискусійними, проте основні наукові положення, які розробляються в розділах 3, 4 та 5 дисертаційної роботи є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих експериментальних результатах.

**Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**, викладених у дисертаційній роботі Крижановського В.О., не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень, зокрема експериментально-статистичного моделювання, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

**Загальні висновки** по роботі висловлені чітко і аргументовані конкретними результатами.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**. За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових запозичень; навмисних ілюстративних спотворень не виявлено. Звідси можна зробити висновок про самостійний характер виконаного дослідження та відсутність порушень академічної доброчесності.

**Повнота викладення результатів в опублікованих працях**. Основні положення дисертаційного дослідження висвітлено у 15 працях: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 5 статей опубліковані у періодичних наукових виданнях інших держав, з яких 2 індексуються наукометричною базою Web of Science та 1 індексується наукометричними базами Scopus і Web of Science, 7 тез доповідей у збірниках 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 автором результатів.

**По роботі є наступні зауваження:**

1. У відповідності до предмету дослідження дисертаційної роботи автором на макрорівні встановлені закономірності впливу модифікаторів, дисперсного армування сталевую фібрую на будівельно-технічні властивості бетонів жорстких дорожніх та аеродромних покриттів. В той же час, доцільно також більш детально виявити особливості процесів формування мікроструктури в цементуючій матриці фібробетонів з використанням комплексу методів фізико-хімічного аналізу (растрова електронна мікроскопія та ін.).

2. Для забезпечення морозостійкості бетонів жорстких покриттів згідно ДБН В.2.3-4:2015 рекомендують використовувати повітровтягуючі добавки. При цьому слід визначити відповідність повітрезахоплення бетонних сумішей зазначеним вимогам. Разом з тим, в роботі не досліджена можливість покращення фізико-механічних властивостей бетонів для дорожніх і аеродромних покриттів за рахунок введення повітровтягуючої добавки.

3. Адгезійна міцність бетону в роботі визначається лише у проектному віці. Проте на практиці найчастіше порушення монолітності конструктиву «старого» і «нового» бетону спостерігається в ранні терміни тверднення. Відповідно доречно було також визначити адгезійну міцність у ранні терміни тверднення.

4. У роботі встановлено, що заміна частини портландцементу ( $15$  і  $30$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ) метакаоліном знижує проектну і ранню міцність бетону на стиск і на розтяг при згині (п.3.4). Це не повністю відповідає практиці використання метакаоліну як активної мінеральної добавки в бетонах, тим більше що морозостійкість бетонів при цьому не змінилася. Проте в роботі відсутнє пояснення цього ефекту. Слід було також дослідити вплив підвищеної кількості суперпластифікатора полікарбоксилатного типу на усадочні деформації бетону з добавкою метакаоліну.

5. У розділі 5.2 наведено, що в якості крупного заповнювача для приготування ремонтних швидкотверднучих сталеві фібробетонів необхідно використовувати щебінь із щільних гірських порід з середньою густиною  $2000$ - $3000$   $\text{кг}/\text{м}^3$ . Аналогічно для природних кварцових пісків або пісків з відсіву подрібнених гірських порід середня густина також вказана на рівні

2000-3000 кг/м<sup>3</sup>. В той же час, істинна густина кварцу складає 2,65 г/см<sup>3</sup>, а польових шпатів - 2,55...2,70 г/см<sup>3</sup>. При визначенні середньої густини слід враховувати пустотність заповнювачів, що призводить до значень менших від істинної густини. Тому дані по середній густині заповнювачів слід відкоректувати.

Наведені зауваження не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень. Дисертаційна робота Крижановського В.О. за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати.

**Висновок.** В цілому, дисертаційна робота Віталія Олександровича Крижановського за рівнем її наукової новизни та практичного значення відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), а її автор – Крижановський В.О. заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри будівельного виробництва  
Інституту будівництва та інженерних систем  
Національного університету  
“Львівська політехніка”



М.А. Саницький

Особистий підпис д.т.н., професора М.А. Саницького “засвідчую”

Вчений секретар  
Національного університету  
“Львівська політехніка”



Р.Б. Брилинський