

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Рихліцької Оксани Віталіївни**  
на тему «**Бетони з підвищеними експлуатаційними властивостями на  
основі заповнювачів рециклінгу бетону**»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії галузі знань  
19 «Архітектура та будівництво за спеціальністю»  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Актуальність теми дисертації.** Бетон – це найбільш широко використовуваний у світовому секторі будівництва матеріал, який завдяки своїй високій конструкційній міцності та довговічності є важливим компонентом сучасної інфраструктури. В той же час, при виготовленні бетону основними компонентами є природні заповнювачі: гранітний щебінь, гравій, пісок. На даний час, в результаті військових дій в Україні, однією з багатьох проблем є значна кількість зруйнованих будівель та споруд з бетону. Перероблення бетону дозволяє уникнути захоронення на звалищах і сприяє розвитку економіки по замкнутому циклу. Одним із можливих шляхів повторного використання бетонних відходів є одержання крупного та дрібного заповнювачів для бетонів. Разом з тим, бетони на основі таких заповнювачів рециклінгу можуть характеризуватися пониженими технологічністю, механічними властивостями, підвищеною пористістю та усадкою, що не забезпечує вимог сучасного будівництва. Тому виникає необхідність визначити ефективні шляхи та підходи для покращення експлуатаційних властивостей еко-бетонів. Отже, розроблення еко-ефективних бетонів з підвищеними експлуатаційними властивостями на основі заповнювачів рециклінгу бетону є актуальним і відповідає світовій концепції низьковуглецевого розвитку.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.** Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані та підтверджені результатами експериментальних досліджень з використанням фізико-хімічних методів досліджень, що включають кількісний рентгенофазовий аналіз, растрову електронну мікроскопію, диференційно-термічний аналіз. Достовірність результатів забезпечується застосуванням стандартних методів, апробованих методик і відтворюваністю експериментальних результатів.

Основні **наукові положення** полягають у розкритті закономірностей направленою керування процесами раннього структуроутворення та синтезу міцності цементуючої матриці еко-ефективних бетонів на основі заповнювачів рециклінгу бетону шляхом модифікування комбінованою активною пуцолановою добавкою «зола-винесення - мікрокремнезем» у поєднанні з полікарбосилатними

суперпластифікаторами для формування міцної контактної зони на границі «заповнювач рециклінгу бетону – продукти гідратації цементу», що сприяє одержанню підвищених експлуатаційних властивостей (клас міцності С 50/60, водонепроникність W10-W12, морозостійкість F300) бетонів, а також технічні та економічні переваги порівняно з аналогами.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі будівельного виробництва «Технологія будівництва, дослідження прогресивних конструкцій, матеріалів та методів зведення будівель та споруд». Дисертація виконана в межах держбюджетних науково-дослідних робіт «Лужно-сульфатноактивовані композиційні цементи з високою ранньою міцністю та низькоенергоємні бетони на їх основі» (номер держреєстрації 0122U000959, 2022-2023рр.), відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.** За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Рихліцької О.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Архітектура та будівництво».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям дослідження еко-ефективних бетонів з підвищеними експлуатаційними властивостями на основі заповнювачів рециклінгу бетону.

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

**Мова та стиль викладення результатів.** Дисертаційна робота написана українською мовою та складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 176 сторінок і включає 37 таблиць, 71 рисунок, список використаних джерел із 98 найменувань. Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

**У першому розділі** автором проаналізовано роль еко-ефективних бетонів в сучасному будівництві, проведено оцінку заповнювачів рециклінгу в формуванні структури та властивостей бетонів, показано вплив факторів на формування контактної зони еко-бетонів. Для досягнення мети та вирішення завдань досліджень розроблено та наведено структурно-логічну схему досліджень.

**У другому розділі** наведено характеристики матеріалів, використаних у роботі та описано основні методи досліджень. Автором подано дані фізико-

механічних властивостей портландцементів, які використано для розроблення бетонів, їх хімічний і мінералогічний склади. Представлено характеристики природних і після рециклінгу бетону заповнювачів, активних мінеральних добавок пуцоланової дії та полікарбоксилатних суперпластифікаторів різних груп. Наведено методи фізико-механічних і фізико-хімічних досліджень.

*У третьому розділі* представлено результати дослідження фізичних та механічних властивостей заповнювачів рециклінгу, досліджено вплив природних пісків різних груп на технологічні та міцнісні властивості дрібнозернистих бетонів, проведено оптимізацію зернового складу дрібних заповнювачів (пісків природного та після рециклінгу бетону). Автором представлено ґрунтовні дослідження фазового складу та мікроструктури заповнювачів рециклінгу бетону з використанням кількісного рентгенофазового аналізу за Рітвельдом і растрової електронної мікроскопії. Встановлена ефективність впливу комбінованої пуцоланової добавки «зола-винесення - мікрокремнезем» і полікарбоксилатних суперпластифікаторів на реологічні та фізико-механічні властивості модифікованих дрібнозернистих еко-бетонів.

*У четвертому розділі* автором розроблено та досліджено модифіковані еко-ефективні бетони на основі заповнювачів рециклінгу бетону з покращеними показниками технологічності, міцності та довговічності. Автором проведено проектування гранулометричного складу суміші заповнювачів з врахуванням фракцій дрібних і крупних заповнювачів, зокрема після рециклінгу бетону з одержанням кривих просіву. Оптимізацію еко-ефективних бетонів на основі заповнювачів рециклінгу бетону виконано з використанням експериментально-статистичного моделювання з використанням методу ортогонально-центрального композиційного планування. Встановлено, що згідно з ДСТУ Б EN 206-1, за оцінкою питомої міцності модифіковані бетони характеризується середнім ( $f_{cm2}/f_{cm28}=0,37-0,48$ ) та швидким ( $f_{cm2}/f_{cm28}=0,50$ ) наростанням. Встановлено, що введення комбінованої активної пуцоланової добавки «зола-винесення - мікрокремнезем» у поєднанні з полікарбоксилатним суперпластифікатором забезпечує щільну ультрамікроструктуру цементуючої матриці, що сприяє зміцненню контактної зони на усіх структурних рівнях та дозволяє підвищити експлуатаційні властивості еко-ефективних бетонів.

*У п'ятому розділі* автором проведено дослідно-промислову апробацію товарних бетонів, виготовлених ТзОВ «Бетонікс» з використанням заповнювачів рециклінгу бетону для влаштування монолітного залізобетонного перекриття третього поверху житлового багатоквартирного будинку (м. Львів, вул. Пимоненка, 1) в кількості 35 м<sup>3</sup>. Результати впровадження підтверджують перспективність використання розроблених еко-ефективних товарних бетонів, економічна ефективність від впровадження складає 329,0 грн на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України №40 від 12.01.2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

**Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.** За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави, 1 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 3 публікації у матеріалах міжнародних конференцій та 1 патент на винахід.

**Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Дисертаційна робота виконана в межах держбюджетної науково-дослідної роботи ««Лужно-сульфатноактивовані композиційні цементи з високою ранньою міцністю та низькоенергоємні бетони на їх основі». Виникає питання. Чому у представленій роботі не розглядаються питання лужно-сульфатної активації бетонних сумішей на основі заповнювачів рециклінгу бетону?

2. В роботі на стор.24 зазначено, що «бетон забезпечує вогнестійкість будівельних конструкцій і здатність зменшувати споживання енергії на опалення та охолодження на 25%». Але не зрозуміло, в порівнянні з яким матеріалом досягається такий ефект?

3. Для отримання заповнювачів рециклінгу бетону стор.64 була використана шокова дробарка. Що це за дробарка? В промислових умовах шоківі дробарки використовуються для грубого подрібнення природних каменів та зруйнованого бетону.

4. В табл.3.9 ст.98 показано вплив активної пуцоланової добавки та РСЕ на терміни тужавлення та міцність модифікованого цементного каменю. Однак, при введенні добавки РСЕ 1% показники чомусь різні, так само при введенні добавок АПД 5% та РСЕ 1% показники також чомусь різні.

5. В роботі на стор.110 пропонується формула для витрат води на  $1\text{м}^3$  бетонної суміші:

$$W = w_k \times K + w_c \times C$$

Наведена формула невідомо звідки взята?  $w_k$  - загальний водневий показник, л/кг – що це за показник? І чому водневий? Може водяний?  $K$  – вміст заповнювача в  $1\text{м}^3$  бетону, кг. Не зрозуміло чи це вміст крупного заповнювача, чи загальний вміст крупного і мілкового заповнювача?  $w_c$  - водний індекс цементу. Що це за індекс? І чому водний? Може водяний? Необхідно зазначити, що водопотреба бетонних сумішей на заповнювачах рециклінгу бетону повинна бути збільшена на величину пористості таких заповнювачів.

6. В табл. 4.2 та табл.4.3 стор.113 наведені склади бетонів та порівняльна характеристика міцності бетонів. Однак, співвідношення між заповнювачами №2 Щгр : ЗРБ, % повинно бути не 25:75, а навпаки 75 до 25.

7. Визначення модуля пружності та призмової міцності стор.132 модифікованого бетону наведено не на рис.4.14, а на рис.4.16. Показники

призмової міцності та модуля пружності стор.132 наведено не в табл.4.8, а в табл.4.10.

8. На рис. 5.2. стор.141 наведена технологічна схема (а) та блок-схема ТзОВ «Бетонікс» (б) виготовлення товарної бетонної суміші на основі заповнювачів рециклінгу бетону. Але не наведена схема отримання заповнювачів рециклінгу бетону.

**Висновок про дисертаційну роботу.** Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Рихліцької Оксана Віталіївни на тему «Бетони з підвищеними експлуатаційними властивостями на основі заповнювачів рециклінгу бетону» 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 галузі знань 19 «Архітектура та будівництво». 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 2022р. №44.

Здобувач Рихліцька Оксана Віталіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

*Офіційний опонент:*

**Завідувач кафедри технології  
будівельних конструкцій і виробів  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
доктор технічних наук, професор**

**Володимир ГОЦ**

**Особистий підпис д.т.н., професора Гоца В.І., «засвідчую»**

**Вчений секретар КНУБА,  
кандидат технічних наук, доцент**

**Микола КЛИМЕНКО**

М.П.



«08» 06 2023 року