

До спеціалізованої вченої ради Д35.052.17
Національного університету «Львівська політехніка»

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
Сторчай Надії Станіславівни
на дисертаційну роботу **Марківа Тараса Євгеновича**
на тему «**Наукові засади отримання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях**» представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Актуальність теми дисертації. На сьогодні сучасна технологія бетону на жаль не завжди є досконалою, тому в процесі укладання і тверднення в цементному бетоні можуть з'являтися дефекти, які зумовлюють недобір проектної міцності, однією з причин якого є тріщиноутворення, внаслідок силових і несилових впливів, що можуть призвести навіть до повного його руйнування. Особливо актуально це для бетонів підвищеної міцності, які використовуються в сучасних будівлях і спорудах і проектується з покращеними показниками довговічності.

Тому автор дисертаційної роботи пропонує для таких бетонів новий підхід підвищення їх довговічності і надійності, який полягає в регулюванні тріщиностійкості, що ґрунтується на використанні прийомів направленої формувальності мікро-, мезо- та макроструктури бетону за рахунок раціонального підбору пуцоланових матеріалів, що характеризуються основним та додатковим позитивними ефектами і забезпечують самоармування бетону на рівні мікроструктури, застосування повітровтягувальних добавок, які покращують властивості на мезоструктурному рівні, та полідисперсного армування фіброю різних видів на макрорівні, що в комплексі дозволяє регулювати та збільшити показники тріщиностійкості бетонів з підвищеною міцністю.

Виходячи з вище сказаного, дана дисертація, безумовно є актуальною. Автор чітко позначив наукову проблему та сформулював концепцію її вирішення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Достовірність основних наукових положень та отриманих у дисертаційній роботі результатів підтверджується застосуванням сучасних методів фізико-хімічного аналізу, а саме рентгенівської дифрактометрії, лазерної гранулометрії, комп'ютерної мікротомографії, електронної мікроскопії з мікрозондовим аналізом та ртутної порометрії. Також застосуванням загальноприйнятих методик визначення фізико-механічних, будівельно-технічних та експлуатаційних властивостей бетонів, використанням методу механіки руйнування для дослідження тріщиностійкості, використанням експериментально-статистичних методів планування експерименту для оптимізації складів розроблених бетонів.

Представлені в дисертаційній роботі наукові положення та результати досліджень є достатньо науково обґрунтованими, висновки по роботі є достовірними. Науковий рівень результатів виконаних автором досліджень є достатнім для дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- розроблено наукові основи композиційної побудови бетонів з підвищеною тріщиностійкістю, які базуються на комплексному врахуванні процесів структуроутворення на мікро-, мезо- та макрорівнях при цілеспрямованому модифікуванні пуцолановими матеріалами на основі цеолітів, пластифікуючими і повітровтягувальними добавками, а також дисперсному армуванню різними видами фібри;

- подальший розвиток отримали науково-концептуальні засади керування процесами структуроутворення на мікро- та мезорівнях шляхом раціонального підбору пуцоланових матеріалів, а на макрорівні – введенням пластифікуючих і повітровтягувальних добавок та дисперсних волокон. Зміна технологічних факторів та параметрів проектування дає змогу регулювати та прогнозувати поведінку бетонів в докритичній та закритичній стадіях деформування;

- розроблено алгоритм багатопараметричного проектування бетонів з підвищеними міцністю і тріщиностійкістю. Показано, що при використанні в бетоні пуцоланових матеріалів на основі природних і штучних цеолітів, пластифікуюче-повітровтягувальних добавок і фібри різних типів спостерігається синергічне підсилення їх сумісної дії, що дає змогу покращити як силові, так і енергетичні характеристики бетону ($f_{cm.cube}=67,3$ МПа, $f_{ctfm}=9,0$ МПа, при $F_c=3834$ Н: $\chi_F^c=176$ мм; $G_F=350,47$ Дж/м²), а також його довговічність (F300, W16, $K_{зг}=1,23$);

– поглиблено наукові уявлення про використання цеолітових туфів як для запобігання самообезводненню бетонів з низькими значеннями водоцементного відношення, так і як кристалоутворюючої добавки;

– уточнено механізм дисперсного армування бетонів на різних структурних рівнях як за рахунок саморегулювання фазового складу цементного каменю внаслідок формування волокнистих гідратних новоутворень, так і в результаті введення у склад бетону дисперсної фібри різних типів, що дає можливість отримати неперервність армування, створити «Bridge» ефект та підвищити міцність ($f_{cm.cube}=69,5$ МПа, $f_{ctfm}=11,9$ МПа) і покращити параметри тріщиностійкості (при $F_c=5400$ Н: $G_I=660,19$ Дж/м²; $G_F=840,44$ Дж/м²; $\chi_F^c=209$ мм);

– розраховано і запропоновано до використання параметр питомих енерговитрат на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини (G_I , Дж/м²), який разом із стандартизованим показником питомих енерговитрат на статичне деформування до моменту початку руху магістральної тріщини (G_i , Дж/м²) більш точно і в повній мірі характеризує поведінку бетону під навантаженням в докритичній і закритичній областях деформування. Встановлено, що для одержання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю значення критерія крихкості χ_F^c має перевищувати 140 мм.

Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

– розроблено бетони з регульованими характеристиками тріщиностійкості, підвищеними показниками міцності на розтяг при згині ($f_{ctfm}=9-11$ МПа) та довговічності (марка за морозостійкістю не менше F200, вищі коефіцієнти корозійної стійкості, глибина проникнення води до 3,5 мм);

– за алгоритмом багатопараметричного проектування складів розроблено та впроваджено модифікований бетон класу за міцністю на стиск С25/30 та підвищеною корозійною стійкістю на ТзОВ «Угринів Еко Ферм» при бетонуванні ванни тваринницького комплексу із забезпеченням підвищеної тріщиностійкості, внаслідок оптимізації технологічних факторів на різних структурних рівнях, а саме використання пуцоланових матеріалів з необхідними основним і додатковим ефектами та хімічних добавок пластифікуюче-повітровтягувальної дії;

– впроваджено бетони з підвищеною міцністю та тріщиностійкістю на основі БСГ В40Р4F200W10 на ПП «Застава» при будівництві площадки для складування бетонних виробів та БСГ В40Р4F200W10 на ПП «Захід-Бетон-Буд» при будівництві під'їзної дороги до складських приміщень у с. Малехів Львівської ОТГ;

– проведено дослідно-промислову апробацію розроблених бетонів з підвищеною тріщиностійкістю ($G_F=350$ Н/м, $\chi_F^c=176$ мм) представництвом “Дрог- Буд” Сп. з о.о. при будівництві мостового переходу в с. Корчів;

– використання сучасних підходів при проектуванні складів бетонів з підвищеною міцністю дало змогу покращити тріщиностійкість та експлуатаційні властивості бетонів, які використані для бетонування монолітних стійок опор, ростверків, підферменників, ригелів, буронабивних паль при будівництві мостового переходу через р. Західний Буг на а/д 0141602 Сокаль-Стоянів на км 1+693 ТОВ «Автомагістраль-Південь»;

– оптимізація технологічних факторів на різних структурних рівнях забезпечила одержання однорідних самоущільнювальних бетонних сумішей та бетонів з підвищеною міцністю, тріщиностійкістю, покращеними експлуатаційними властивостями та досягнення високої якості бетонних робіт в умовах знакозмінних та від’ємних температур, що створило можливість вкладання сумішей без ущільнення механічним способом при бетонуванні монолітних, складних за формою, стійок опор при будівництві мостового переходу через р. Західний Буг на а/д 0141602 Сокаль-Стоянів на км 1+693 ТОВ «Автомагістраль- Південь»;

– результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисциплін «Будівельне матеріалознавство», «Бетони та будівельні розчини, заповнювачі для бетонів, ч.1 та ч.2», «Технологічний супровід виготовлення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій» для студентів 192 Будівництво та цивільна інженерія першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (вибірковий блок «Технології будівельних конструкцій, виробів та матеріалів») та «Технології моделювання інформації у будівельному виробництві» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти (ОПП «Технології будівельних конструкцій, виробів та матеріалів»), а також при підготовці здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи є складовою частиною науково-дослідних робіт кафедр будівельного виробництва і автомобільних доріг та мостів Національного університету «Львівська політехніка» і виконувалась в межах кафедральних тематик «Розроблення сучасних технологій енергоефективного будівництва, бетонів та розчинів поліфункціонального призначення, ефективних теплоізоляційних, оздоблювальних, гідроізоляційних матеріалів» (номер держреєстрації 0118U000275) і «Розроблення ефективних технологій і матеріалів для будівництва та ремонту дорожніх одягів; діагностика

конструктивних елементів автомобільних доріг та дослідження дорожніх матеріалів, виробів, конструкцій і ґрунтів» (номер держреєстрації 0119U103557), міжнародного гранту № IPBU.01.01.00-06.570/11-00 «Розроблення інноваційної моделі транскордонного використання цеолітового туфу», а також науково-дослідної роботи за міжнародним проектом NAWA «Пуцоланові матеріали, отримані з золи-винесення, як добавки нового покоління, що використовуються в технології виробництва «зеленого» бетону» (договір № М/93-2023). Автор був виконавцем та відповідальним виконавцем зазначених робіт.

Аналіз змісту дисертації. Текст дисертації подано українською мовою. Дисертація складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 360 сторінок (269 сторінок основного тексту). Робота містить 57 таблиць, 141 рисунок, список використаних джерел із 381 найменування та 9 додатків на 21 сторінці.

Дисертація написана грамотною технічною мовою з використанням сучасних наукових термінів. Викладання матеріалу є логічним та послідовним, що відповідає вимогам до оформлення наукових робіт. Зміст дисертаційної роботи послідовно розкриває її сутність.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання досліджень, представлені найважливіші теоретичні положення і закономірності, які отримані автором та мають наукову новизну та практичну цінність.

У першому розділі представлено аналітичний огляд літературних джерел присвячений проблемі розроблення бетонів з підвищеною міцністю та тріщиностійкістю, які одержані за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях. А саме, розглянуто: фактори тріщиностійкості бетонів; роль структури в бетоні з підвищеною тріщиностійкістю; мінеральні добавки в бетонах з покращеними властивостями; вплив ПАР на властивості та довговічність бетонів з підвищеною тріщиностійкістю; дисперсне армування бетонів різними волокнами. Враховуючи переваги та недоліки попередніх досліджень, наприкінці розділу автором визначено теоретичні передумови досліджень, сформульована проблема, обґрунтування напрямків досліджень та наукова гіпотеза.

У другому розділі розроблено структурно-логічна схема досліджень та алгоритм багатопараметричного проектування бетонів з підвищеною тріщиностійкістю. Запропонована блок-схема досліджень встановлює взаємозв'язок між технологічними факторами та формуванням властивостей

бетонів підвищеної тріщиностійкості на мікро-, мезо- та макроструктурних рівнях, що дозволяє вирішувати завдання досліджень та досягнути мети відповідно до запропонованої гіпотези.

Створення таких бетонів передбачає використання ефективного підходу до раціонального вибору вихідних матеріалів та їх властивостей. Як компоненти бетонної суміші використовувалися: портландцементи I і II типів з підвищеною активністю (вище 50 МПа у віці 28 діб) різних виробників, мінеральні добавки (гранульований доменний шлак, зола-винесення, цеолітовий туф, спучений перліт, синтетичні цеоліти, мезопористий кремнеземистий матеріал), пластифікуючі та повітровтягувальні добавки. Як дрібні та крупні заповнювачі використовували кварцовий пісок та пісок з відсівів подрібнення гірських порід, а також гранітний щебінь різних фракцій (5-10, 10-20, 5-20 мм). Для армування розроблених бетонів на мезо- та макрорівнях застосовано пряму фібру і фібру з деформованою поверхнею.

В роботі використано стандартні та спеціально розроблені методики. Для оптимізації вмісту компонентів у складі бетонів з підвищеною міцністю і тріщиностійкістю використано метод ортогонального центрального композиційного планування експерименту. При вивченні особливостей процесів гідратації в'язучих систем з добавками-модифікаторами, а також мікроструктури бетонів з підвищеною тріщиностійкістю застосовано сучасні фізико-хімічні методи аналізу. Використані матеріали, методи аналізу і досліджень забезпечили вирішення поставлених завдань та досягнення мети роботи.

У третьому розділі представлено результати дослідження впливу пуцоланових матеріалів та пластифікуючих добавок на властивості бетонів, а також процесів структуроутворення їх цементної матриці на макрорівні.

Автором запропоновано розділити ефекти дії пуцоланових матеріалів на основні і додаткові та враховувати їх при проектуванні бетонів. Дослідженнями пуцоланічної активності (основний ефект) матеріалів показано, що за здатністю поглинати СаО з його насиченого розчину їх можна розмістити в порядку зростання їх активності: гранульований доменний шлак → зола-винесення → природні пуцолани → штучні пуцолани. Підтверджена роль цеолітового туфу як джерела додаткової води (додатковий ефект) для поглиблення гідратації портландцементу в нормальних та повітряно-сухих умовах тверднення і як кристалоутворюючої добавки.

Проведені випробування портландцементів та бетонів з добавками традиційних побічних продуктів промисловості, таких як гранульований доменний шлак і золи-винесення з різною дисперсністю. Виявлено

позитивний синергічний ефект поєднання гранульованого доменного шлаку і золи-винесення на міцність при стиску бетону. Однак, в наслідок скорочення виробництв і відповідне зменшення кількості відходів на підприємствах, слід враховувати і передбачати перехід на більш доступні пуцоланові матеріали, такі як цеолітовий туф.

Досліджено бетони з добавкою штучних цеолітів Na-P1, Na-X та цеолітового туфу (ЦТ). Показано, що для того, щоб компенсувати воду, яка поглинулася використаними штучними пуцоланами, необхідну для забезпечення проектної марки за легкоукладальністю, треба вводити додаткову кількість суперпластифікатора, яка становила 1 мас.%. Встановлено, що найвищою міцністю на розтяг при згині ($f_{ctfm}=7,8$ МПа) та при стиску ($f_{cm.cube}=53,5$ МПа) через 28 діб тверднення характеризується дрібнозернистий бетон з 10 мас.% штучного цеоліту Na-P1, що на 8 і 6% та 24 і 18% перевищує міцність контрольного бетону та бетону з 10 мас.% цеолітового туфу відповідно.

Методами фізико-хімічного аналізу вивчено особливості гідrataції в'язучих матеріалів, що містять 25 мас.% цеолітового туфу та 25 мас.% штучного цеоліту Na-P1. В наслідок того, що пуцоланові матеріали цеолітового типу є в системі джерелом активних SiO_2 та Al_2O_3 , в структурі цементної матриці не спостерігаються блоки портландиту, натомість відзначається більша кількість субмікросталічних кристалів гідросилікатів, гідроалюмосилікатів і гідроалюмінатів кальцію та еtringіту. Формується однорідна щільна мікроструктура цементної матриці, насичена голчасто-волокнистими новоутвореннями, які створюють ефект самоармування в зоні контактної взаємодії. Відбувається кольматація порового простору, зменшується кількість дефектів та дислокацій, що в комплексі призводить до підвищення опору руйнуванню та збільшення міцності на розтяг при згині. Одержані автором результати показують високу ефективність використання штучних пуцолан у складі бетонів.

За допомогою методу ортогонального центрального композиційного планування експерименту проведено оптимізацію складу бетону з використанням полідисперсного цеолітового туфу та полікарбоксилатним суперпластифікатором Viscocrete 5320 за критерієм міцності і встановлено, що їхній оптимальний вміст становить 10 і 1 мас.% відповідно. Використання цих добавок в оптимальній кількості дає змогу отримати композит з міцністю на розтяг при згині та стиск через 28 діб тверднення 7,6 та 71,2 МПа відповідно.

Четвертий розділ присвячено дослідженню впливу пластифікуюче-повітровтягувальних добавок на властивості бетонів з цеолітовим туфом на рівні мезоструктури.

Встановлено, що використання полідисперсного цеолітового туфу дає змогу досягнути найвищого рівня неперервності гранулометричного складу в діапазоні мезоструктури та максимальної щільності упакування частинок.

Показано, що пористі полідисперсні компоненти є ефективними для забезпечення поглибленої гідратації портландцементу оскільки вони можуть використовуватися для формування в тілі бетону внутрішнього резерву води. Ця вода з часом може компенсувати нестачу вологи для гідратації портландцементу через її поступову втрату з капілярів в умовах низької відносної вологості, забезпечуючи протікання процесів гідратації. Автором показано, що через 14 діб тверднення при температурі $40\pm 3^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря $40\pm 3\%$ внутрішня відносна вологість бетону з добавкою полідисперсного цеолітового туфу на 10 % вища порівняно з контрольним складом. Використання полідисперсних компонентів в складі бетону призводить до підвищення опору згинаючим навантаженням на 10-30% як в повітряно-сухих, так і нормальних температурно-вологісних умовах тверднення без суттєвих вологи втрат та зниження міцності на стиск.

Показано, що заміна 10 мас.% портландцементу полідисперсним цеолітовим туфом, введення 1,64 мас. % суперпластифікатора та 0,3 мас.% повітровтягувальної добавки при виготовленні бетонної суміші призводить до деякого зниження міцності бетону протягом 90 діб тверднення, але через 180 діб міцність на стиск бетонів, що містять цей додатковий цементуючий матеріал, перевищує міцність бетону без цеолітового туфу. Це дозволяє модифікувати фазовий склад бетону, який характеризується утворенням додаткової кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію, гідрогеленіту та еtringіту, а також покращити структуру бетону на мікро- та мезорівні. При цьому підвищується водонепроникність, морозостійкість бетону з добавками (спад міцності через 150 циклів зменшується на 39%) та знижуються усадочні деформації в 5,4 рази порівняно з бетоном без полідисперсного цеолітового туфу.

Бетон з добавкою полідисперсного цеолітового туфу в комплексі з 0,15 мас.% повітровтягувальної добавки при вмісті повітря 6,5% характеризується замкнутою рівномірно розподіленою мікропористою структурою, яка зумовлює підвищення морозостійкості бетону у 1,5 рази та дисипацію енергії мікротріщиноутворення як на докритичній, так і сповільнення руху магістральної тріщини в закритичній стадіях. Критерій крихкості становить 206 мм, що свідчить про підвищену тріщиностійкість такого бетону. Автором

встановлено, що глибина карбонізації бетону з 10 мас.% полідисперсного цеолітового туфу, 1,0 мас.% суперпластифікатора та 0,1 мас.% повітровтягувальної добавки порівняно з контрольним складом зменшується з 9 до 2 мм.

П'ятий розділ присвячений оптимізації вмісту дисперсних волокон для забезпечення армування бетонів з підвищеною міцністю і тріщиностійкістю на мезо- та макроструктурному рівні.

Армування бетону на мезо- та макроструктурному рівнях різними видами та типами фібрових волокон є завершальною стадією в процесі безперервного армування бетонів з підвищеною міцністю та тріщиностійкістю. З використанням експериментально-статистичного моделювання, застосовуючи трирівневий трифакторний план експерименту, автором встановлено за силовими і енергетичними параметрами тріщиностійкості оптимальний вміст фібри в бетоні з деформованою поверхнею та фібри прямої.

Комплексне поєднання даних видів фібри дає змогу забезпечити неперервне армування бетону на мезо- та макроструктурному рівні. За результатами оптимізації автором встановлено оптимальний вміст фібри з деформованою поверхнею та прямої фібри при якому в розроблених дисперсноармованих бетонах досягаються максимальні значення міцності на розтяг при згині ($f_{ctfm}=11,9$ МПа) та енергетичних параметрів тріщиностійкості. У порівнянні з бетоном без фібри, в розроблених бетонах міцність на розтяг при згині покращується на 40-75% та енергетичні характеристики тріщиностійкості бетонів – в 2,0-2,5 рази.

У шостому розділі автором представлено результати вивчення комплексу технологічних чинників для керування структуроутворенням та регулювання міцнісних та енергетичних характеристик тріщиностійкості бетонів, практики використання та техніко-економічної ефективності розроблених бетонів з підвищеною тріщиностійкістю.

Оптимізація зернового складу бетону та використання різних технологічних факторів, а саме полідисперсного цеолітового туфу, повітровтягувальних добавок та дисперсного армування, дає змогу підвищити міцність на 24-28% (64,9-67,3 МПа), тріщиностійкість та експлуатаційні властивості. Водопоглинання отриманих бетонів становить 1,5 мас.%, стиранність 0,2 г/см², марка за водонепроникністю та морозостійкістю складає відповідно W16 та F300.

Отримані результати доводять, що використання комплексу технологічних факторів для керування структуроутворенням на різних рівнях дозволяє регулювати поведінку бетону під навантаженням, покращити

експлуатаційні властивості та довговічність бетонів. Це дозволило автору успішно провести впровадження розроблених бетонів у виробничих умовах багатьох підприємств, що доводить практичну реалізацію та цінність отриманих результатів та узагальнених і сформульованих наукових засад та положень.

При впровадженні розробок було отримано економічний ефект, що відповідає стратегії сталого економічного та технологічного розвитку в будівництві.

Також отримані в дисертаційній роботі теоретичні, технологічні й методологічні результати застосовуються в навчальному процесі при підготовці здобувачів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія в Національному університеті «Львівська політехніка», що є позитивним фактором для підвищення якості сучасної освіти.

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 39 наукових праць, з них 14 статей у наукових фахових виданнях України, 12 – у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз (з них 9 у Scopus), та у періодичних виданнях інших держав, 1 патент, 1 навчальний посібник, 11 публікацій апробаційного характеру.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У дисертаційній роботі Марківа Т.Є. не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації, які могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності. Всі використані ідеї, наукові результати, цитати супроводжуються належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. При дослідженні впливу рецептурно-технологічних факторів на властивості бетонів та параметри тріщиностійкості витрати портландцементів становили 350, 430 та 510 кг/м³. Проте в роботі витрата портландцементу в більшості складів 350 кг/м³, але зустрічаються і 360; 400; 450 кг/м³. Не зрозуміло, чому в подальшому не використовували витрати портландцементів, які приймали при початковому плануванні експериментів.

2. В роботі дуже багато досліджень мікроструктури бетонів з добавкою штучних цеолітів (розділ 3.1), але мало випробувань їх фізико-механічних характеристик та немає досліджень тріщиностійкості. Було б цікаво дослідити вплив цих інноваційних матеріалів в технології бетонів на вищезгадані властивості.

3. У дослідженнях показана роль повітровтягувальних добавок в забезпеченні підвищених параметрів тріщиностійкості, але не врахований чинник відстані, який також має значення при використанні добавок такого типу.

4. При наведенні складів бетонів в таблицях вказано пластифікатор (табл. 3.3, 3.10 та ін.) або суперпластифікатор (табл. 2.13, 3,6 та ін.). Доцільно було б подати їх назву і на якій вони основі. Це дозволило б краще зрозуміти отримані закономірності та результати досліджень.

5. В роботі дуже багато аббревіатур в умовному позначені досліджуваних бетонів як українською, так і англійською мовами. Доцільно було б їх навести українською мовою.

6. Деякі висновки дуже великі (наприклад, до розділу 4, висновок 5). Можливо доцільно було б великі висновки розділити на два.

Вказані зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Марківа Тараса Євгеновича на тему «Наукові засади отримання бетонів з підвищеною тріщиностійкістю за рахунок керування структуроутворенням на різних рівнях» являє собою завершене наукове дослідження, виконане автором самостійно, та вирішує актуальну науково-прикладну проблему, що полягає в розробці теоретичних основ і технології бетонів з підвищеною міцністю і тріщиностійкістю, що дає змогу поєднувати системно їх технічні, екологічні та економічні переваги.

За актуальністю, об'ємом досліджень та рівнем їх виконання, науковою новизною, практичною цінністю, якістю оформлення дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 7, 8, 9 положення про «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 (зі змінами), а її автор – Марків Тарас Євгенович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професор кафедри технології
будівельних матеріалів, виробів
та конструкцій ННІ ПДАБА



Надія СТОРЧАЙ

*Зелені секретар,
к. фіз. н., доц.*

Додаток *Зелені секретар*