

66-72-114/2
17.06.2021

Голові разової спеціалізованої ради ДФ 35.052.066
у Національному університеті «Львівська політехніка»
д.т.н., професору Соболь Х. С.

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри
електромеханіки та електроніки

Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Паращук Лідії Ярославівни

на дисертаційну роботу **Сидора Назара Івановича** на тему:

**“Високоміцні бетони з підвищеною ударною в’язкістю
для промислових підлог”**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження.

На даний час невпинно зростають обсяги виробничої галузі, роздрібної і оптової торгівлі, логістики для потреб населення. Все це потребує збільшення обсягів будівництва промислових споруд і складів на рівні з житловим.

Застосування модифікаторів та комплексних добавок, дисперсних волокон дає змогу створювати багатофункціональні матеріали з підвищеними експлуатаційними властивостями. Дисперсне армування в поєднанні з високодисперсними добавками значно підвищує фізико-механічні та експлуатаційні властивості бетонів, що розширює спектр їх застосування. Тому розроблення і дослідження високоміцних фібробетонів є без сумніву актуальними.

Дисертаційне дослідження виконано в межах держбюджетних науково-дослідних робіт (номер держреєстрації 0117U004446 та 0119U002253), відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України. Автор був виконавцем зазначених робіт.

Склад і структура дисертаційної роботи.

Дисертація, підготована Сидором Н. І., складається із вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел (163 найменувань) та п’яти

додатків. Загальний обсяг роботи складає 205 сторінок та містить 26 таблиць і 75 рисунків.

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

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі важливого значення набуває застосування ефективних матеріалів з підвищеними показниками міцності, зносостійкості, тріщиностійкості, а також стійкості до ударних навантажень при влаштуванні бетонних підлог, що визначає їх стабільний експлуатаційний стан, комфортність та безпеку функціонування з урахуванням характеру виробничих впливів.

Серед наукової новизни одержаних результатів даної дисертаційної роботи особливої слід відмітити такі:

- встановлено, що модифікування бетону органо-мінеральною добавкою на основі полікарбосилатного суперпластифікатора та ультрадисперсних силікатних мінеральних добавок оптимізує процес структуроутворення за рахунок підвищення водоутримуючої здатності, ущільнення міжзернового простору, ранньої пуцоланової реакції з утворенням рівномірно розподілених низькоосновних гідросилікатів кальцію, що призводить до зростання кількості контактів, підвищення усадочної тріщиностійкості та формування мінімально напруженої мікроструктури цементуючої матриці;

- подальшого розвитку набули закономірності статистичного та динамічного зміцнення високоміцного бетону за рахунок дисперсного армування низькомодульними поліпропіленовими волокнами, які базуються на мікромеханічному підході і пов'язані з оптимізацією компонентного складу та мікроструктури матеріалу з врахуванням взаємодії між волокном, цементуючою матрицею та поверхнею розділу волоконно-матричного матеріалу з створенням початкової об'ємно-просторової зв'язаної фіброструктури для контролю тріщиноутворення, поглинання та розподілення енергії динамічних навантажень по об'єму матеріалу;

- визначено принципи отримання модифікованих високоміцних дисперсно-армованих бетонів класів за міцністю С55/67-С60/75 з низькою витратою портландцементу на одиницю міцності 4,0-4,5 кг/МПа, підвищеними показниками ударної в'язкості (75-80 Дж/см³) та стійкості до стирання за рахунок оптимізації структури на всіх масштабних рівнях, зниження дефектності поверхневого шару, мікротріщиноутворення.

Дані положення розкриті в теоретичній та експериментальній частині роботи.

У *першому розділі*, проаналізувавши джерела літератури та вивчивши сучасний стан та проблематику питання, дисертант описав сучасні тенденції в технологіях влаштування промислових підлог, їх класифікацію. Серед високоміцних бетонів останнього покоління найбільшу увагу приділено бетонам, отриманим на основі портландцементу, модифікування структури яких здійснене за рахунок використання суперпластифікаторів і мінеральних добавок. Під час аналізу літератури виділено три напрямки одержання високоміцних бетонів: зниження загальної пористості, зниження максимального середнього розміру пор та збільшення кількості гідросилікатного гелю в структурі бетону, що в подальшому лягло в основу експериментальних досліджень при моделюванні оптимального складу композицій. Описані різні фактори впливу під час експлуатації промислових підлог. Описано роль та загальний механізм дії маложорстких пористих мінеральних компонентів (демпфуючих добавок) різної дисперсності.

Другий розділ роботи присвячено характеристиці сировинних матеріалів, добавок та модифікаторів. Описано стандартні та специфічні методики фізико-механічних та фізико-хімічних досліджень, що застосовувалися в дослідженнях відповідно до чинних стандартів України та діючих європейських норм.

У *третьому розділі* досліджено вплив мінеральних добавок різного типу на властивості цементних композицій. Показано, що додавання високодисперсних мінеральних добавок з питомою поверхнею більше $1000 \text{ м}^2/\text{кг}$ підвищує водоутримувальну здатність. Крім того встановлено, що дані речовини сприяють зростанню сидементаційної стійкості та знижують деформації усадки під час тверднення в повітряно-сухих умовах.

З використанням методу ортогонального центрально-композиційного планування проведено оптимізацію складів інженерних цементуючих композитів. Встановлено, що для отримання максимальної міцності на розтяг при згині оптимальне співвідношення компонентів цемент:зола винесення:пісок = 0,8:1,2:1. Для отримання синергетичного ефекту зміцнення композицій на 20% та 25% при згині та стиску відповідно здійснено часткову заміну золи-винесення ультрадисперсними мінеральними добавками з підвищеною поверхневою енергією у складі в'язучої системи, використання полікарбоксилатного суперпластифікатора, а також армування структури

інженерних композитів дисперсними поліпропіленовими волокнами в оптимальній кількості.

Комплексом фізико-хімічних методів аналізу встановлені особливості процесів структуроутворення, формування мікроструктури та синтезу міцності цементного каменю на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-мінеральною добавкою. Одночасно експериментально підтверджено, що при використанні дисперсної фібри відбувається суттєве зростання ударної міцності портландцементних систем в 8–10 раз, при цьому значення ударної міцності зразків з поліпропіленовою фіброю вищі на 12,7–30,4 % порівняно із зразками, армованими базальтовою фіброю.

Четвертий розділ дисертаційного дослідження присвячений розробленню складів композицій для отримання високоміцних дисперсно-армованих бетонів. Проведено дослідження будівельно-технічних властивостей високоміцних дисперсно-армованих бетонів таких як пористість, водопоглинання та водонепроникність, ударна в'язкість, властивості при довготривалому твердненні, атмосферостійкість, стійкість до стирання, деформаційні та усадкові властивості.

Проведено підбір гранулометричного складу заповнювачів та встановлено, що часткова заміна піску на пісок з відсіву подрібнення забезпечує зростання міцності бетону на 10-13% у всі терміни тверднення.

Здійснено моделювання складів модифікованих бетонів для промислових підлог, змінними факторами при цьому вибрано витрату портландцементу ПЦ І-500Р-Н ($X_1 = 300, 350$ та 400 кг/м³ бетонної суміші), кількість поліпропіленової фібри ($X_2 = 0; 1,0; 2,0$ мас.%) та встановлено оптимальні кількості компонентів. За показниками проектної міцності модифіковані бетони з витратою портландцементу 350 та 400 кг відносяться до високоміцних, а за показниками питомої міцності $f_{cm2}/f_{cm28} = 0,5-0,51$ розроблені дисперсноармовані бетони відносяться до бетонів з швидким наростанням міцності.

Показано, що формування щільної структури бетону, модифікованого органо-мінеральним модифікатором, дає змогу підвищити показники ударної в'язкості на 28 добу до 4,9-7,15 Дж/см³. Суттєве зростання ударної в'язкості спостерігається при введенні поліпропіленової фібри. Через 28 діб тверднення показники ударної в'язкості модифікованого дисперсно-армованого бетону зростають в 10,5-11,8 рази порівняно з неармованим модифікованим бетоном і досягають значень 75,8 Дж/см³ та 80,3 Дж/см³ відповідно для фібробетону

класу за міцністю на стиск С 55/67 та С 60/75. Дані результати мають велике практичне значення для влаштування промислових підлог.

У *п'ятому розділі* представлено результати дослідно-промислової апробації високоміцних дисперсно-армованих бетонів з підвищеною ударною в'язкістю. Розроблено технологічну схему виготовлення дисперсно-армованих бетонів. Наведено техніко-економічну ефективність розроблених високоміцних фібробетонів.

Загальні висновки по роботі висловлені чітко і аргументовані конкретними результатами.

Практичне значення роботи підтверджують наведені у додатках акти впровадження. Проведено дослідно-промислову апробацію розроблених високоміцних фібробетонів на ТзОВ «Гартекс» при бетонуванні промислової підлоги площею 1500 м² в складському приміщенні на вулиці Буйка, м. Львів, а також при влаштуванні перекриття при реконструкції будівлі Комунального некомерційного підприємства «4-та міська клінічна лікарня м. Львова» за адресою вул. Мушака, 54. Результати досліджень також впроваджені в навчальному процесі в Національному університеті «Львівська політехніка».

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендації викладених у дисертаційній роботі Сидора Н.І. не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

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.

1. Для розроблення високоміцних бетонів дисертантом використано портландцемент І типу ПЦ І 500-Н, при цьому бажано було б обґрунтувати вибір саме даного типу цементу, а також розглянути можливість використання портландцементів з добавками ІІ типу марки 500, які характеризуються меншою енергоємністю.

2. У третьому розділі наведені розпливи конуса цементного тіста, модифікованого різними добавками, однак слід було би вказати, при якому водоцементному співвідношенні проводились дані випробування.

3. Загалом варто було б чіткіше формулювати висновки стосовно результатів модифікування в самому розділі. В сенсі, що за результатами даних фізико-механічних випробувань доцільно використовувати таку-то кількість певної добавки.

4. На рис 4.1 та 4.2 зображені криві заповнювачів, а по тексту криві розсіювання. Дане неспівпадіння варто було б уніфікувати.

5. У розділі 4 с. 129 не зовсім зрозумілим є розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії. Доцільно повніше описати метод матричного підходу до регресивного аналізу.

6. При визначенні ударної в'язкості розроблених високоміцних бетонів доцільно також використати інші методи визначення цього показника, зокрема з допомогою маятникового механічного копра, ротаційних молотів. Крім цього, у роботі не приділено уваги такому важливому показнику бетонів як корозійна стійкість до дії агресивних середовищ.

Відзначені недоліки та зауваження не знижують цінність для науки і практики виконаної здобувачем роботи, не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень. Дисертаційна робота Сидора Н.І. за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 18 працях, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 1 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних (Scopus), 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави, 12 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій та 1 патент.

Наукові праці Сидора Н. І. відповідають п. 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167. 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 дисертації 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 Сидора Назара Івановича «Високоміцні бетони з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог», є завершеним самостійним науковим дослідженням.

За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація на тему «Високоміцні бетони з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог» відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167), а її автор, Сидор Назар Іванович, 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 електромеханіки та електроніки

Національної академії сухопутних військ

імені Гетьмана Петра Сагайдачного

Л. Паращук

Підпис доцента Л. Паращука засвідчую:

Заступник начальника Національної академії сухопутних

військ імені гетьмана П. Сагайдачного з наукової роботи,

д. іст.наук, доцент, полковник



А. Слосаренко