

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Сидора Назара Івановича

«Високоміцні бетони з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог», представлену на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Подана на відгук дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів теоретичного та експериментального матеріалу, загальних висновків, списку використаної літератури (163 найменування) та 5 додатків. Обсяг роботи складає 205 сторінок, з них 156 сторінок основного тексту, включаючи 75 рисунків та 26 таблиць. Оформлена робота згідно чинних вимог.

Актуальність теми. Одною з важливих проблем будівельної галузі є підвищення стійкості будівельних виробів, призначених для роботи в складних умовах експлуатації. Дана дисертаційна робота присвячена одержанню високоміцних бетонів з підвищеною ударною в'язкістю, призначених для влаштування промислових підлог. Це завдання пропонується вирішувати шляхом комплексного модифікування портландцементу полідисперсними мінеральними компонентами у поєднанні з високоефективними полікарбоксилатними суперпластифікаторами для покращення їх структури на різних рівнях неоднорідностей, а також шляхом армування дисперсними поліпропіленовими волокнами, що забезпечує відповідні зміни структури для контролю процесу тріщиноутворення та динамічних впливів.

На сучасному етапі будівництва зростають вимоги до промислових об'єктів, що зумовлюється збільшенням інтенсивності руху та використанням важкої техніки, тому важливого значення набуває застосування ефективних матеріалів з підвищеними показниками міцності, зносостійкості, тріщиностійкості, а також стійкості до ударних навантажень, зокрема при влаштуванні бетонних підлог, визначаючи їх надійний стан при експлуатації та безпеку функціонування з урахуванням екстремальних виробничих впливів.

Узагальнення результатів досліджень в області технології високоміцних бетонів дозволили автору встановити, що для підвищення рівнів міцності, довговічності та ударної в'язкості кінцевого продукту необхідно виявити фактори, котрі зумовлюють створення певної структури бетону, яка забезпечить покращені експлуатаційні показники за рахунок направленої керування формуванням мікроструктури каменю при введенні добавок різного функціонального призначення в поєднанні з дисперсним армуванням. Це дасть змогу створити сприятливі умови для розвитку тріщин в матеріалі на різних структурних рівнях та перерозподілу деформацій по його об'єму при зовнішніх механічних впливах, що буде забезпечувати підвищену ударну міцність бетонів, зокрема в промислових підлогах.

Таким чином, при зростаючих об'ємах будівництва об'єктів, призначених для конкретних умов експлуатації, вдосконалення рецептурно-технологічних методів з покращення функціональної придатності бетонних виробів робить вибір теми досліджень обґрунтованим та актуальним.

Актуальність теми також підтверджується тим, що робота проведена в межах держбюджетних науково-дослідних робіт: «Основи технології створення наномодифікованих надшвидкотверднучих портландцементів та високоміцних дисперсно-армованих композитів з підвищеною ударною в'язкістю на їх основі» та «Лужно-сульфатноактивовані композиційні цементи з високою ранньою міцністю та низькоенергоємні бетони на їх основі» відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України.

Аналіз основного змісту роботи, наукової новизни, ступеню обґрунтованості наукових положень та висновків.

Основні **наукові положення** полягають у розробці високоміцних бетонів для промислових підлог з підвищеною ударною в'язкістю, оптимізації їх складів, дослідженні процесів структуроутворення та будівельно-технічних властивостей.

До **наукової новизни** одержаних автором результатів можна віднести таке: теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання високоміцних бетонів, армованих дисперсними волокнами, з підвищеними експлуатаційними показниками, зокрема підвищеною ударною в'язкістю. Вирішення цього завдання було реалізовано через використання суперпластифікатора полікарбоксилатного типу, комплексної ультрадисперсної мінеральної добавки та армування низькомодульними поліпропіленовими волокнами; встановлено, що модифікування бетону органо-мінеральною добавкою на основі полікарбоксилатного суперпластифікатора та ультрадисперсних силікатних мінеральних добавок дозволяє направлено змінювати кінетику процесів структуроутворення через підвищення водоутримуючої здатності, ущільнення міжзернового простору та ранньої пуцоланової реакції. Це призводить до позитивних змін структури на рівні новоутворень, підвищення тріщиностійкості та зниження кількості зон деформацій та напружень в мікроструктурі цементної матриці. Подальшого розвитку набули основи зростання міцності бетонів за рахунок дисперсного армування низькомодульними поліпропіленовими волокнами, а також визначено умови отримання модифікованих високоміцних дисперсно-армованих бетонів з низькою витратою портландцементу на одиницю міцності, підвищеними показниками ударної в'язкості та стійкості до стирання за рахунок одержання певних структур на всіх масштабних рівнях, що зумовило зниження дефектності поверхневого шару та мікротріщиноутворення композитів.

Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений теоретичними та експериментальними дослідженнями.

У вступі приведені відомості щодо обґрунтованості обраної теми, мети та задач досліджень, наукової новизни та практичної цінності роботи, апробації одержаних результатів, ступеня опублікування основних положень дисертації.

У першому розділі проведено огляд науково-технічної інформації з питань з сучасних тенденцій технологій влаштування промислових підлог, основних принципів одержання високоміцних бетонів, шляхів підвищення ударної в'язкості бетонів, а також надані теоретичні передумови досліджень та наукова гіпотеза.

Проведений аналіз дозволив виявити, що сучасні технології промислових, складських та транспортних підлог вимагають створення бетонних основ, здатних витримувати інтенсивні впливи різних видів навантажень. Для забезпечення надійної експлуатації промислової підлоги без ремонту та реконструкції протягом

тривалого часу, економії трудових і матеріальних ресурсів необхідно впроваджувати ефективні технічні, технологічні та організаційні рішення, що базуються на використанні високоміцних бетонних підлог з необхідними фізико-механічними і естетичними властивостями. А це вимагає розробки складів високоміцних бетонів, що зумовлюють забезпечення їх потрібним експлуатаційних властивостей протягом життєвого циклу. Технічна і технологічна реалізація випуску високоміцних бетонів для бетонування промислових підлог дасть змогу комплексно вирішити питання економії цементу та інших ресурсів, забезпечити зниження трудомісткості робіт під час вкладання бетонних сумішей. Розроблені комплексні модифікатори різної дії з використанням суперпластифікаторів нової генерації дають змогу покращити технологічні властивості сумішей, а отримані на їх основі високоміцні бетони характеризуватимуться високими експлуатаційними показниками. Разом з тим, є певні недоліки, які проявляються в тому, що різко зростає крихкість бетону, а це вимагає застосування способів підвищення стійкості бетонів промислових підлог до ударних та динамічних експлуатаційних навантажень. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на розроблення складів для одержання високоміцних дисперсно-армованих бетонів через направлене формування структури шляхом збільшення кількості гідросилікатних фаз при введенні ультра- та нанодисперсних мінеральних компонентів, високоефективних полікарбоксилатних суперпластифікаторів, а також дисперсних волокон. Використання фібробетону дає змогу забезпечити економію арматурної сталі і трудовитрат на арматурні роботи, підвищити при цьому зносостійкість і міцність бетонної підлоги. Такий підхід дозволяє вирішувати ряд технологічних та матеріалознавчих задач.

У другому розділі представлені характеристики вихідних матеріалів для розробки складів високоміцних бетонів з підвищеною ударною в'язкістю та методики досліджень з визначення фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей портландцементу і бетонних сумішей та цементних і бетонних зразків. Проектування складів модифікованих високоміцних дисперсно-армованих бетонів проводили методом абсолютних об'ємів з урахуванням відповідних рекомендацій. Фізико-механічні, будівельно-технічні та експлуатаційні характеристики розроблених фібробетонів визначали згідно з діючими стандартами та загальноприйнятими методиками. Оцінку впливу рецептурних факторів на властивості бетонів проводили за допомогою методів експериментально-статистичного моделювання з використанням дисоціативно-крокового методу оптимізації.

У третьому розділі викладені результати досліджень структуроутворення модифікованої цементної матриці високоміцних бетонів, армованих дисперсними волокнами.

Визначено вплив пластифікаторів та мінеральних добавок на властивості цементних композицій. Показано, що мінеральні добавки, які містять ультра дисперсні частинки характеризуються високою водоутримувальною здатністю, а також інтенсивною взаємодією з продуктами гідратації портландцементу, що призводить до зростання міцності як у ранній, так і пізній період тверднення. Визначено вплив виду та кількості фібри на фізико-механічні властивості модифікованих цементів. Отримані експериментальні результати підтвердили можливість застосування ультрадисперсних мінеральних добавок, полікарбоксилатних суперпластифікаторів та армувальних поліпропіленових

волокон для отримання високоміцних бетонів з метою забезпечення підвищених експлуатаційних характеристик, зокрема стійкості до динамічних навантажень, що вимагає дослідження процесів їх структуроутворення. Досліджено, що введення пропіленової фібри певної довжини веде до зниження рухливості та збільшення в'язкості модифікованих цементних композитів. Дисперсно-армовані цементні композиції з мінеральними добавками характеризуються збільшенням міцності при стиску та згині порівняно з неармованим каменем. Досліджено особливості процесів структуроутворення модифікованих портландцементів, армованих дисперсними волокнами. Модифікування портландцементу комплексом добавок на основі полікарбоксилатного суперпластифікатора та активними мінеральними добавками, що містять нанорозмірні частинки, забезпечує направлене керування процесами гідратації клінкерних мінералів і реакцій хімічної взаємодії гідратних новоутворень в неклінкерній частині портландцементних систем, що веде до прискореного набору міцності у ранній період та формуванням відповідної мікроструктури цементної матриці.

Визначено склади високо функціональних дисперсно-армованих композитів, які характеризуються достатніми показниками середньої густини, водопоглинання, пористості, підвищеної ударної в'язкості, стираності для забезпечення їх тривалої експлуатації в конструкціях промислових підлог. Дослідженнями впливу технологічних факторів на ударну в'язкість цементної матриці показано, що ударна в'язкість зростає при введенні запропонованих мінеральних добавок. Експериментально підтверджено, що при використанні дисперсної фібри відбувається суттєве зростання ударної міцності цементних композицій, при цьому значення ударної міцності зразків з поліпропіленовою фіброю вищі порівняно із зразками, армованими базальтовою фіброю.

Комплексом методів фізико-хімічного аналізу встановлено особливості процесів структуроутворення, формування мікроструктури та міцності цементного каменю на основі портландцементу, модифікованого органічно-мінеральною добавкою на основі полікарбоксилату, мікрокремнезему та аеросилу. Модифікування ультра- та нанодисперсними мінеральними добавками сприяє прискоренню процесів гідролізу алітової фази з відповідною зміною мікроструктури цементного каменю.

Четвертий розділ присвячений розробці високоміцних дисперсно-армованих бетонів з підвищеною ударною в'язкістю.

Визначено раціональні склади компонентів для отримання високоміцних дисперсно-армованих бетонів. Запропоновано комплексний підхід до проектування бетонів, який включає керування на всіх структурних рівнях і полягає в оптимізації гранулометричного складу заповнювачів на мезо- та макрорівні, а також цементної матриці на мікрорівні з застосуванням полікарбоксилатного суперпластифікатора та ультрадисперсних мінеральних добавок, що забезпечує отримання високоміцних бетонів.

Встановлено, що за показниками питомої міцності розроблені дисперсно-армовані бетони відносяться до бетонів з швидким наростанням міцності. Для забезпечення надійної роботи високоміцних бетонів у конструкціях промислових підлог досліджено їх будівельно-технічні та експлуатаційні властивості. Розроблені модифіковані високоміцні бетони та фібробетони характеризуються підвищеними показниками міцності, щільності, ударної в'язкості, деформативними характеристиками, низькими показниками стираності, що має

забезпечити надійність роботи та довговічність бетонного покриття в складних умовах експлуатації.

Проведено підбір гранулометричного складу заповнювачів з врахуванням нормативних кривих розподілу частинок при заданому максимальному розмірі зерен з одержанням співвідношення фракцій заповнювача для забезпечення структури бетону, оптимальної за критерієм міцності. Здійснено моделювання складів модифікованих бетонів для промислових підлог за перемінними факторами. Показано, що модифікування комплексною органічно-мінеральною добавкою у поєднанні з поліпропіленовими волокнами в певній кількості забезпечує отримання високоміцних фібробетонів класу за міцністю C55/67 та C60/75 при витраті портландцементу 350 та 400 кг на 1 м³ бетонної суміші відповідно. Суттєве зростання ударної в'язкості спостерігається при введенні поліпропіленої фібри. Результати випробування ударної стійкості дисперсно-армованих високоміцних бетонів свідчать, що при введенні поліпропіленових волокон спостерігається підвищення ударної стійкості до 20 кг. За показниками міцності при стиску через 100 циклів поперемінного зволоження-висушування розроблені бетони задовольняють вимоги методики випробувань на атмосферостійкість. Дисперсне армування поліпропіленою фіброю забезпечило ефективне зростання стійкості до ударних навантажень при сумісній дії перемінних циклів зволоження-висушування.

П'ятий розділ присвячений промислового впровадженню високоміцних бетонів, армованих дисперсними волокнами з наведенням техніко-економічних показників.

Використання дисперсного армування з застосуванням дисперсних поліпропіленових волокон та органічно-мінерального модифікатора дало можливість одержати бетонні суміші з необхідними технологічними показниками та високоміцні бетони на їх основі з підвищеною стійкістю до ударних дій для бетонування промислових підлог.

Здійснено апробацію модифікованих високоміцних бетонів, армованих дисперсною низькомодульною поліпропіленою фіброю, для промислової підлоги з вирішенням завдання одержання необхідних технологічних властивостей бетонної суміші, міцнісних характеристик, ударної в'язкості та стираності бетонного покриття. Розроблені оптимальні склади високоміцних бетонів, армованих дисперсними поліпропіленовими волокнами, використано для бетонування промислової підлоги та перекриття на комунальному некомерційному підприємстві. При цьому вирішено технологічні завдання забезпечення рухливості та однорідності суміші, а також забезпечення необхідних показників міцності, в тому числі в умовах понижених температур та ударної стійкості бетону.

Проведена промислова апробація високоміцних дисперсно-армованих бетонів для промислової підлоги. Питомий економічний ефект від впровадження склав 73,1 грн. на 1 м² бетонної підлоги, що при площі влаштування 150 м² забезпечує економічний ефект 109,68 тис. грн. порівняно з базовим варіантом влаштування підлоги.

В цілому, наведений аналіз результатів досліджень дозволяє зробити загальний висновок про те, 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.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в розробці ефективних складів модифікованих високоміцних бетонів, армованих низькомодульними дисперсними волокнами, з підвищеною ударною в'язкістю. Впровадження цих бетонів у практику влаштування промислових підлог дає змогу забезпечити необхідні показники їх експлуатаційних властивостей зі скороченням технологічного процесу зведення.

Основні результати дисертаційного дослідження апробовані в промислових умовах на об'єктах будівельного профілю: ТзОВ «Гартекс» та ТзОВ «Західнафтохімбуд» при влаштуванні підлог в приміщеннях різного призначення з забезпеченням регламентованих технологічних властивостей бетонної суміші, міцності, ударної стійкості та стійкості до стирання бетону, в т.ч. в умовах понижених додатних температур;

Слід також відзначити впровадження отриманих в дисертаційній роботі теоретичних положень і практичних результатів в навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Інноваційні технології виготовлення сучасних будівельних матеріалів і виробів» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Аналіз змісту дисертації Сидора Назара Івановича дозволяє оцінити її як закінчену наукову роботу, результати якої мають **достовірну науково-технічну інформацію**, що стосується можливості одержання високоміцних бетонів з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог.

Обґрунтованість наукових положень і висновків, які сформульовано в дисертації, підтверджується використанням комплексу взаємодоповнюючих методів досліджень. Експериментальні дослідження, які покладено в основу дисертаційної роботи, виконано на високому науково-технічному рівні. Дисертація викладена з використанням сучасної технічної термінології. Ілюстрації, схеми, таблиці в достатній мірі доповнюють текстовий матеріал.

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

Загальні висновки по роботі відповідають поставленій меті та задачам досліджень, відрізняються конкретністю викладання, відображаються результатами експериментів, наведеними у роботі.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних ілюстративних спотворень не виявлено. Звідси можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

По роботі є наступні зауваження:

1. Поза увагою здобувача залишилися такі методи підвищення ударної стійкості як введення низькомодульних дрібних заповнювачів та наповнювачів (див. роботи П.Г. Комохова та Уфимської школи бетонознавців) та вплив

внутрішніх поверхонь розділу на гасіння енергії удару (наприклад, робота В.Н. Вырвогого, В.С. Дорофеева, С.Б. Фица. Бетон в условиях ударных воздействий: монография. Одесса: Внешрекламсервис, 2004. 270 с.).

2. В роботі не визначено яким чином пов'язані між собою міцність матеріалу та його здатність витримувати ударні навантаження, адже ударну енергію сприймає, перерозподіляє, гасить структура матеріалу через відповідні структурні елементи, а міцність – це знесоблена характеристика за середніми показниками, яка не враховує індивідуальні особливості структури того чи іншого матеріалу.

3. При візуальному аналізі мікроструктури (наприклад, рис. 3.32, стор. 113 дисертації) автор звертає увагу на дисперсні волокна як на елементи структури. В той же час наявність поверхонь розділу та тріщин як важливих елементів при передачі ударного навантаження залишається поза увагою. Роль поверхонь розділу полягає в тому, що вони здатні розсіювати частину ударної енергії на внутрішніх поверхнях розділу та берегах тріщин, частина енергії викликає підростання тріщин, частина енергії передається на суміжні структурні блоки матеріалу. При підростанні тріщин одночасно відбуваються два процеси: релаксація деформацій та напружень в зоні новоутворених берегів тріщин та виділення енергії за рахунок утворення нових поверхонь розділу. Ці процеси зумовлюють структурні зміни індивідуальних структурних рівнів та всієї структури бетону, що й зумовлює відповідний рівень властивостей.

4. З проведеного в роботі аналітичного аналізу експериментальних результатів не зовсім зрозуміло яким чином відбувається перехід від несущіностей мікроструктури до макроструктури, яка є носієм всього комплексу властивостей кінцевого продукту. При виділенні в структурі виробу окремих неоднорідностей в якості самостійних складових на рівнях мікро-, нано- і макроструктур та на рівні виробу, саме взаємодія та взаємовплив різномасштабних структур в інтегральній структурі матеріалу виступають невід'ємною умовою, що дає потенційну можливість реалізуватися еволюційному розвитку структури бетону та процесам збереження її динамічної стабільності при експлуатації виробу. Достатньо змінити характеристики лише одного рівня, що, через взаємовплив, спровокує відповідні структурні зміни на всіх інших рівнях з виходом на структуру та властивості виробу. В роботі, на жаль, механізми таких взаємовпливів різнорівневих структур не приведені.

5. З тексту дисертації не зрозуміло, яким чином забезпечувалось введення ультра- та нанодисперсних мінеральних добавок при приготуванні бетонної суміші. Адже наночастинки не можуть існувати самі по собі, а тільки в кластерах, для розділення яких потрібно застосовувати поверхнево-активні речовини. Тоді виникає питання щодо можливого впливу використаних ПАР на структуроутворення цементної складової в бетонах.

6. Доцільно було б розширити область застосування високоміцних бетонів запропонованих складів та властивостей (наприклад рекомендувати їх для застосування при зведенні причалів портів, покриття злітних смуг аеродромів тощо), тобто тих споруд, які експлуатуються в умовах значних ударних навантажень, та для яких, одночасно, важливим показником є підвищена міцність.

Наведені зауваження не знижують наукову та практичну цінність дисертації, не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Основні положення дисертаційного дослідження висвітлено у 18 працях: 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus, Index Copernicus, Baz Tech), 12 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій (4 з яких входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus), 1 патент України на корисну модель. 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 результатів.

Висновок

В цілому, дисертаційна робота Сидора Назара Івановича за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, рівнем її наукової новизни і практичного значення є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати, тому 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 Н.І. заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 – Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри Архітектурних конструкцій
Одеської державної академії
будівництва та архітектури
д.т.н., доцент



О.О. Коробко

«17» червня 2021 р.

Підпис доктора технічних наук, доцента, завідувача кафедри Архітектурних конструкцій ОДАБА О.О. Коробко засвідчує:

Начальник відділу кадрів ОДАБА



М.І. Зарицька