

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Сумарюка Олександра Васильовича
“**Високоміцні композити на основі кремнеземистих і алюмосилікатних
модифікаторів та методи їх діагностики**”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Актуальність теми дослідження

В Україні та світі у великих масштабах та різних формах ведеться капітальне будівництво із застосуванням різних матеріалів. Однак, з усіх будівельних матеріалів провідну роль відіграють бетон та залізобетон, які становлять приблизно 70% усіх виробів та конструкцій. Серед них найбільш широко застосовується важкий бетон на цементній основі. Найважливішою властивістю цих бетонів є довговічність, що виражається у десятиліттях і більше. При побудові конструктивно складних споруд та реалізації концепцій висотної забудови виникає потреба у використанні композитів нового покоління з міцністю, яка в кілька разів перевищує міцність звичайного бетону. Пошуком дешевих і ефективних методів зміцнення бетону займаються науковці вже давно і успішно, однак, потреби сучасного світу вимагають отримання бетонів все з вищими механічними характеристиками та різними спеціальними властивостями.

Результати розвитку нанотехнологій та розробки наноматеріалів також не залишилися непоміченими у технологіях модифікації бетонів, що проявляється у розробці різних видів модифікаторів та добавок, які суттєво змінюють традиційні характеристики бетону та технологію його отримання.

Тому дослідження у даному напрямку є **актуальними і своєчасними**, і це зумовлює актуальність наукових пошуків Сумарюка О. В., які викладені у його дисертації.

При дослідженні процесів і явищ, які відбуваються при формуванні бетонних систем, важливо є підібрати комплекс методів дослідження, щоб використані методи давали як взаємодоповнюючі і всеохоплюючі дані, так і необхідні для контролю технічні і технологічні параметри.

На даному етапі розвитку методів структурної діагностики високоміцних композитів основний об'єм інформації про структурну матеріалів дають дифракційні методи, ефективність яких суттєво зросла із широким впровадженням високороздільної дифрактометрії. Суттєву нову та доповнюючу інформацію при дослідженні бетонних систем дають методи електронної мікроскопії та енергодисперсійна Х-променева спектроскопія. Тому таке поєднання основних методів дослідження в дисертації Сумарюка О.В. є **доцільним та обґрунтованим**.

Поряд із розробкою нових методів дослідження та модифікацією традиційних спостерігається стрімкий розвиток програмних комплексів та

методик обробки експериментальних даних. Зокрема, постійно вдосконалюються і збільшують свої можливості програми для аналізу X-променевої дифрактограм та програми-бази даних. Тому **правильним і необхідним** є використання в даній дисертації програмного забезпечення Math3, методу Рітвельда, вейвлет-аналізу і т.п. Варто також зауважити і про складності, з якими дослідник стикається при аналізі розглянутих у дисертації матеріалів. Так, за допомогою X-променевої методів отримується інтегральна інформація про зразки, що дає можливість ідентифікувати більшість фаз у складі композиту. Однак, наявність великої кількості різних типів гідросилікатів та гідроалюмінатів кальцію у поєднанні із незначною масовою часткою деяких з них у зразку, а також велика кількість і накладання дифракційних ліній, створює складнощі при аналізі дифрактограм. Тому, у дисертації особлива увага приділяється ідентифікації сполук гідратації, їх кількісному і якісному складу, які і визначають фізико-механічні властивості структури.

Заслуговує на увагу також та частина дисертації, де досліджується старіння високоміцних бетонів та аналіз фізико-хімічних процесів, що при цьому відбуваються.

Актуальність представленої роботи Сумарюка О.В. підтверджується також тим, що дослідження виконані у рамках програм наукової тематики кафедр будівництва, інформаційних технологій та комп'ютерної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Обґрунтованість та достовірність наукових висновків дисертації Сумарюка О.В. забезпечені використанням комплексу взаємодоповнюючих сучасних методів X-променевої дифрактометрії, скануючої електронної мікроскопії, енергодисперсійного X-променевого аналізу, та засобів математичного моделювання і обробки отриманих результатів. Узгодженість результатів між собою та несуперечність їх результатам досліджень інших авторів у цьому напрямку підтверджує надійність отриманої у роботі нової інформації. Всі основні результати і висновки добре аргументовані. Варто зауважити, що дослідження проведені в атестованих лабораторіях та відомих центрах колективного користування України, а також у державному університеті імені Штефана чел Маре (м. Сучава, Румунія).

Серед отриманих **основних результатів** варто відзначити наступні:

1. Розроблено нові підходи направлено модифікування цементної матриці кремнеземистими та алюмосилікатними добавками, що дають можливість виготовити бетонні композити високої структурної щільності і міцності із заданими фізико-механічними параметрами (міцність на стиск яких перевищує 120 МПа).

2. Встановлено, що направлене хімічне модифікування цементної структури комплексом алюмосилікатних сполук при їх певному співвідношенні до цементу призводить переважно до формування низькоосновних гідросилікатів

кальцію та дженіту і тоберморіту, які мають шарувату структуру і по суті є наноматеріалами, та визначають фізико-механічні властивості композиту.

3. Показано, що підвищення міцності на 36% пояснюється хімічною взаємодією вільного гідроксиду кальцію та аморфного діоксиду кремнію, що є ознакою прогресуючої пуцоланової реакції в цементній матриці протягом одного року гідратації.

4. Встановлено, що протягом року гідратації при введенні кремнеземистих і алюмосилікатних модифікаторів спостерігається значне зменшення вмісту $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та високоосновних гідросилікатів кальцію CSH-II з одночасним збільшенням вмісту дженіту та тоберморіту, які, вірогідно, трансформувалися з CSH, що і є причиною підвищення міцності.

Приведені в дисертації новизна та результати суттєво розширюють розуміння розглянутих явищ та вказують на **важливість результатів роботи** для наукових досліджень.

Практична значимість роботи перш за все описана в заявках на корисну модель. Зокрема, автором запропоновано технологічні основи та розроблено рецептуру високоміцного композиту (заявка на корисну модель №u202105002) та на основі даного композиту розроблено нову конструкцію гвинтової залізобетонної палі (заявка на корисну модель №u202104999).

Отримані в роботі дані та висновки можуть бути використані на підприємствах, які займаються виготовленням цементів або виробів на їх основі. Використані в роботі підходи та методи дослідження можуть бути застосовані для аналізу і контролю якісного і кількісного складу матеріалів на всіх технологічних етапах, та безпосередньо для контролю за фізико-хімічним станом продуктів гідратації.

Отримані в роботі результати та підходи можна використовувати в освітньому процесі, зокрема в ЗВО, які готують спеціалістів будівельного чи дотичних напрямків (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Університету Короля Данила (м. Івано-Франківськ), Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича та ін.).

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях. Основні результати дисертації опубліковані у 16 працях, з них – 6 статей (опубліковано у журналах, які внесені до реєстру міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science), 2 патенти на корисну модель, 5 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях. Матеріали дисертації доповідались на міжнародних та всеукраїнських конференціях. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Автореферат у повній мірі відображає основний зміст дисертації.

Поряд із цікавими з наукової та прикладної точок зору результатами, до

роботи є ряд зауважень та запитань:

1. Як модифікатори, які використовуються для підвищення міцності, впливають на гідроізоляційні властивості бетонів? Які спільні і відмінні характеристики та принципи дії між модифікаторами які використовуються для підвищення міцності та для покращення гідроізоляційних властивостей?

2. Якими основними характеристиками і параметрами керувався автор пропонуючи рецепти використаних в дослідженні високоміцних бетонів?

3. На деяких X-променевих дифрактограмах ідентифіковані не всі максимуми інтенсивності, і, відповідно, теоретична та експериментальна крива мають розбіжності. З чим це може бути пов'язано?

4. Як відомо, коректність отриманих результатів суттєво залежить від підготовки до аналізу зразків, однак, в роботі нічого не сказано про попередню підготовку зразків перед отриманням X-променевих дифрактограм (перш за все, чи зразок був у вигляді порошку чи бетонного моноліту)?

5. Для детальнішого дослідження фізичних процесів, які відбуваються у процесі гідратації та формування фаз цементного каменя, варто було використати і інші методи дослідження, зокрема диференціальний термічний аналіз.

6. У тексті дисертації зустрічаються окремі граматичні помилки та стилістичні неточності.

Вказані зауваження не знижують наукової цінності роботи та не стосуються її новизни чи основних висновків і результатів.

Таким чином, вважаю, що дисертація Сумарюка Олександра Васильовича "Високоміцні композити на основі кремнеземистих і алюмосилікатних модифікаторів та методи їх діагностики" за своїм науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, об'ємом та практичним значенням є завершеною науковою роботою в рамках поставлених мети і завдань, а отримані в ній результати є новими і науково обґрунтованими. Дисертація повністю відповідає спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла та задовольняє всім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Сумарюк Олександр Васильович – заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника»


I. П. Яремій

