

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ АКТИВАЦІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИТІВ ЯК ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

Ткаченко Г.Г., Кривяков С.О.

*(Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса).*

Досліджено вплив зовнішньої активації змінним електромагнітним полем і внутрішньої активації раціональними наповнювачами на властивості цементних композитів як відкритих систем. Показана доцільність активізації бетонів за допомогою фрактально-матричних резонаторів. Вивчено вплив комплексної активації на властивості цементних композицій та бетонів.

### Вступ.

Відомо, що ефективним методом проявлення можливостей в'язучих систем є їх активізації різними способами. Не менш ефективним методом направленої організації структури композитів слід вважати використання раціональних мінеральних наповнювачів.

Мікроструктуру бетону слід розглядати як відкриту динамічну систему. Обґрунтуванням такого уявлення мікроструктури бетону є те, що вона складається з взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, її властивості не зводяться до властивостей окремих складових, вона спроможна обмінюватися з навколишнім середовищем масою, енергією та інформацією. Особлива чутливість такої системи до зовнішніх дій повинна проявлятися на стадії початку тужавлення. Таким чином, була сформульована мета проведених досліджень: підвищення механічних властивостей бетонів як відкритих складних систем за рахунок направленої організації їх структури шляхом зміни параметрів зовнішніх електромагнітних впливів (зовнішня активація) і використання раціональних наповнювачів (внутрішня активація).

### Методика проведення досліджень.

В нашій роботі зміна зовнішніх електромагнітних полів здійснювалась за допомогою спеціальних плівок – фрактально-матричних резонаторів, принцип дії яких базується на здатності зміни параметрів електромагнітних хвиль при проходженні через спеціальний малюнок зроблений за допомогою графітовмістюючих фарб (патенти №1124; №8277). При проведенні досліджень ми розміщували зразки на певний час в зону дії матриць, після чого визначали їх властивості в порівнянні з неактивованими зразками. Нами було встановлено, що для проявлення ефектів зовнішньої активізації достатньо протягом 30 хвилин забезпечити нахождение зразків під впливом фрактально-матричних резонаторів.

Також досліджувався вплив сумісного застосування зовнішньої (за рахунок трансформації зовнішніх електромагнітних хвиль) та внутрішньої (за рахунок використання раціональних наповнювачів) активації на зміну властивостей бетонів. В якості мінеральних наповнювачів ми використовували мелений до різної питомої поверхні кварцовий пісок. Проводився двох-факторний експеримент з використанням методів математичного планування експерименту [1]. В якості незалежних змінних факторів прийняті кількість наповнювача ( $X_1=25\pm 10\%$ ) та їх питома поверхня ( $X_2=300\pm 200 \text{ м}^2/\text{кг}$ ). Заздалегідь проведені досліди показали, що при заміні частини цементу відповідною кількістю наповнювача рухомість цементного тіста практично не змінювалась. Одночасно з одним і тим же складом проводили дві серії експериментів. В першій вивчався вплив внутрішньої активації за рахунок використання наповнювачів на зміну властивостей мікроструктури. В другій – вплив комплексної активізації за рахунок використання наповнювачів і трансформованих зовнішніх електромагнітних хвиль на властивості цементних композицій [2-5].

### Результати експериментів.

Проведені дослідження дали змогу встановити, що при застосуванні матриць в якості зовнішніх активаторів змінюється характер розвитку та величина об'ємних змін тужавіючих цементних композицій. Об'ємні зміни активованих систем на основі шлакопортландцементу зменшуються від семи до десяти разів, а на основі портландцементу - 1,5...1,6 разів в залежності від початкової кількості води. Аналогічні величини об'ємних змін зберігаються в випадку використання добавок-пластифікаторів С-3, Супер-Флуд та Супер-М [6-8].

Зміна об'ємних деформацій тужавіючої активованої мікроструктури веде до зміни її технологічної пошкодженості. Пошкодженість бетонних зразків ми визначали за допомогою коефіцієнта пошкодженості  $K_p=L/S$  (см/см<sup>2</sup>), де L – загальна довжина технологічної тріщини та внутрішніх поверхонь розділу, виявлених на поверхні зразків; S – площа поверхні, на якій вони виявлені. Досліди показали, що активація дозволяє змінювати  $K_p$  до 10...14% в залежності від початкового В/Ц. В свою чергу зміна технологічної пошкодженості викликає зміну міцності активізованих цементно-водних систем. Встановлено, що зовнішня активація дає змогу підвищити міцність при стиску цементно-водних композицій на основі портландцементу і шлакопортландцементу з хімічними добавками і без них від 5 до 20%.

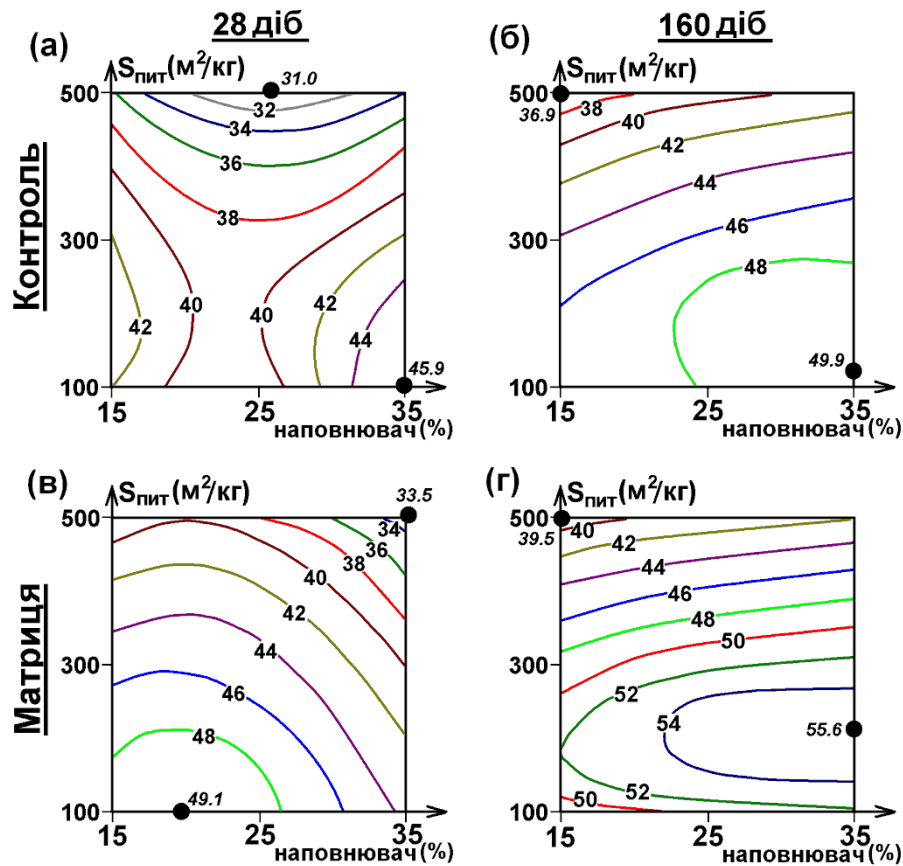
Проведений аналіз часу тужавіння активованих систем показав, що початок тужавіння зменшується більш ніж на дві години для композицій на основі портландцементу та до 1,5 годин для композицій на основі шлакопортландцементу. Аналогічний вплив активації виявлений в випадках використання добавок-пластифікаторів. При цьому активація майже не впливає на час кінця тужавлення.

Дослідження впливу сумісного застосування зовнішньої та внутрішньої активації на зміну властивостей бетонів показали, що за рахунок лише внутрішньої активації початкові об'ємні зміни тужавіючих композицій змінюються в 2..5 разів. Нами встановлено, що на розвиток початкових об'ємних змін більш впливає питома поверхня наповнювачів порівняно зі зміною їх кількості. Комплексна активація веде до зменшення початкових об'ємних змін у 1,5...2 рази. При цьому зберігається вплив кількості та складу кварцових наповнювачів на розвиток початкових об'ємних змін. Проведені дослідження та їх аналіз підтвердили, що мікроструктура є відкритою самоорганізуючою підсистемою бетонів, яка здатна адекватно реагувати на зміну активуючої дії внутрішніх та зовнішніх факторів.

Внутрішня та комплексна активація ведуть також до зміни періодів формування структури цементних композицій – в залежності від питомої поверхні наповнювачів початок тужавлення змінюється до 1.5 годин. Запровадження комплексної активації веде до загального скорочення часу початку тужавлення та до зміни часу кінця тужавлення.

Раніш проведені дослідження показали, що внутрішня і зовнішня активації ведуть до зміни кількісного та якісного складів кластерних структур і, тим самим, до утворення міжкластерних поверхонь розділу, які спроможні залишитися в структурі затверділого матеріалу у вигляді технологічних тріщин та внутрішніх поверхонь розділу [9]. Встановлено, що внутрішня та комплексна активації дають змогу зменшити коефіцієнт пошкодженості на 10% при умові використання раціональних складів наповнювачів, що припускає дійовий вплив на зміну механічних властивостей мікроструктури бетону і самого бетону. Наші дослідження показали, що за рахунок внутрішньої активації можна змінювати значення міцності на розтяг при згині в 1,6 разів (від  $R_{bt} = 4.3$  МПа до  $R_{bt} = 6.7$  МПа). Комплексна активація, при збереженні загальної залежності впливу наповнювачів, веде до збільшення  $R_{bt}$  до 40% [10-11]. Вплив комплексної активації зберігається при твердінні зразків в природних умовах до 160 діб.

Прийняття рішень по застосування запропонованих методів управління процесами структурування крім значень  $R_{bt}$  повинно будуватися на зміні міцності при стиску  $R_b$ . Вплив внутрішньої активізації на зміну  $R_b$  в часі показаний на мал.1.



Мал.1. Вплив внутрішньої і комплексної активації на зміну  $R_b$   
 а,б - внутрішня активація (28 та 160 діб відповідно);  
 в,г - комплексна активація (28 та 160 діб відповідно)

Проведений нами аналіз побудованих діаграм показав, що внутрішня активація дозволяє змінювати значення  $R_b$  від 22% до 36% в віці як 28, так і 160 діб. Отримані результати вказують на можливість вирішення задач збільшення міцності при стиску та зменшення клінкерної складової цементів за рахунок використання раціональних наповнювачів в умовах забезпечення потрібної міцності. Комплексна активація, як показують досліди, веде до збільшення міцності при стиску до 12% в порівнянні з внутрішньою активацією.

В дослідженнях встановлено, що внутрішня за комплексна активації дають можливість звести до мінімуму початкові об'ємні зміни, що веде до зменшення технологічної пошкодженості та до підвищення міцності мікроструктури. Це дає підставу вважати, що прийняті методи управління процесами організації структури будуть спонукати утворення такої структури, при котрій механічні властивості бетонів як систем організованих по типу «структура в структурі» повинні підвищуватися. Для підтвердження була здійснена серія експериментів, в яких визначалась пошкодженість,  $R_b$  та модуль пружності  $E$  бетонів різних складів після тужавіння в нормальних умовах 28 та 360 діб. При цьому досліджувалися бетони з різної кількістю цементу і наповнювача як при застосуванні комплексної активації (зовнішньої разом з внутрішньою), так і лише з внутрішньою активацією наповнювачами.

Проведений нами аналіз отриманих результатів показав, що комплексна активація викликає зменшення  $K_p$  в середньому на 24 %, збільшенню  $R_b$  та  $E$  на 28% та 24% відповідно. Відмічена залежність продовжує зберігатися після 360 діб зберігання зразків в природних умовах. При цьому кількість цементу знижується на 25%. Таким чином

підтверджується припущення, що направлена організація мікроструктури як підсистеми сприяє підвищенню властивостей бетону як відкритої самоорганізуючої системи.

Для впровадження результатів досліджень у виробництво нами були розроблені технологічні схеми внутрішньої та комплексної активації при виготовленні залізобетонних конструкцій. При цьому розроблені технологічні схеми для виробництва залізобетонних конструкцій в заводських умовах та при їх виготовленні на будівельних майданчиках. В заводських умовах передбачено введення раціональних наповнювачів та хімічних добавок при приготуванні бетонних сумішей. Розроблені технологічні рішення застосування фрактально-матричних резонаторів в залежності від способу виробництва (агрегатно-поточного, конвеєрного та стендового). Застосування активаторів не потребує встановлювати допоміжне технологічне устаткування, легке в експлуатації, технологічно безпечне.

### **Висновки.**

Проведений комплекс експериментально-теоретичних досліджень дозволив зробити наступні висновки. Бетони являють собою відкриті складно-організовані системи. Механічні властивості бетонів як відкритих складних систем можна підвищити за рахунок зміни умов організації їх структури шляхом комплексної (зовнішньої і внутрішньої) активації. Зміна параметрів зовнішнього електромагнітного поля як постійно діючого фактора за рахунок застосування спеціальних фрактально-матричних резонаторів веде до зміни умов організації мікроструктури бетонів.

Спільна дія зовнішніх і внутрішніх активуючих впливів дозволяють у 2...3 рази знизити об'ємні зміни. Структурні зміни, які викликані комплексної активацією, викликають зміни часу періодів формування структури цементних систем. Встановлено, що зовнішня і внутрішня активації дозволяють змінювати час початку тужавлення від 15 до 210 хвилин. При цьому, в залежності від початкового складу час досягнення кінця тужавлення може бути скорочено від 15 до 90 хвилин.

Використання раціональних наповнювачів як внутрішнього фактору активації одночасно з активуючою дією зовнішнього фактору дозволяють управляти структуроутворенням твердіючих систем, що веде до зниження пошкодженості і до підвищення механічних властивостей бетонів.

Зовнішня і внутрішня активації дозволяють знизити коефіцієнт пошкодженості  $K_p$  бетонів до 24%, підвищити міцність при стиску до 28% і модуль пружності до 20%. Використання комплексної активації дозволяє вводити до 25% раціональних наповнювачів без зниження  $R_b$  і  $E$  бетонів класу М25 і М30. Встановлено, що в залежності від вихідного складу міцність при стиску активованих бетонів після 360 діб зберігання у нормальних умовах збільшилася від 12% до 30%, що свідчить про збереження основних залежностей зміни міцності бетонів в часі. Розроблено технологічні схеми отримання активованих бетонів і виробів з них, адаптовані до існуючих технологічних ліній при індустріальному виробництві залізобетонних виробів та до умов монолітного будівництва.

### **SUMMARY**

**The possibility of improving mechanical properties of concrete as open systems due to the structure of their activation by external electromagnetic field and changed the internal activation rational fillings. The influence of external and internal activation to alter the structure, mechanical properties and damages of compositions cement and concrete.**

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Вознесенский В.А. Методические указания по моделированию систем «смеси – технология – свойства» / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, В.В. Абакумов – Одесса, 1985.- 64с.
2. Ткаченко Г.Г. Влияние активации на изменение свойств твердеющих композиций / [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирчук, С.Д. Бородулин, В.Н. Выровой] // Компьютерное

материаловедение и обеспечение качества. Мат-лы 45-го междуна. сем. МОК'45. – Одесса: Астропринт, 2006. – С. 144-145.

3. Ткаченко Г.Г. Свойства активированных и затвердевающих композиций / Г.Г. Ткаченко, С.Д. Бородулин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 23. – Одеса: Місто майстрів, 2007. – С. 318-324.

4. Ткаченко Г.Г. Свойства активированных и затвердевающих композиций / Г.Г. Ткаченко // Моделирование в компьютерном материаловедении. Мат-лы 46-го междуна. сем. МОК'46. – Одесса: Астропринт, 2007. – С. 182.

5. Ткаченко Г.Г. Свойства активированных и твердеющих и затвердевающих композиций / Г.Г. Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 27. – Одеса: Місто майстрів, 2008. – С. 310-314.

6. Ткаченко Г.Г. Влияние активации на изменение свойств твердеющих композиций / [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирчук, В.Н. Выровой, С.Д. Бородулин] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 20. – Одеса: Місто майстрів, 2005. – С. 351-354.

7. Ткаченко Г.Г. Моделирование влияния изменения внешних электромагнитных воздействий на свойства твердеющих цементных композиций / Г.Г. Ткаченко, И.В. Нестеренко // Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии. Мат-лы 47-го междуна. сем. МОК'47. – Одесса: Астропринт, 2008. – С. 198.

8. Выровой В.Н. Влияние внешней активации и степени наполнения на начальные объемные изменения в твердеющих цементных композициях / [В.Н. Выровой, Г.Г. Ткаченко, С.А. Кровяков, С.Д. Бородулин] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33. – Одеса: Зовнишрекламсервіс, 2009. – С. 167-171.

9. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния внешних и внутренних факторов на формирование микроструктуры бетонов / Г.Г. Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 35 - Одеса: Місто майстрів, 2009. – С. 342 – 348.

10. Ткаченко Г.Г. Влияние активации на механические свойства цементных композиций / Г.Г. Ткаченко, С.М. Смокова // Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии. Мат-лы 47-го междуна. сем. МОК'47. – Одесса: Астропринт, 2008. – С. 197.

11. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния активации и наполнителей на изменение физико-механических свойств затвердевших строительных материалов / Г.Г. Ткаченко, С.Д. Бородулин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 31. – Одеса: Місто майстрів, 2008. – С. 357-360.