

УДК 539.2; 541.1; 542.269

к.ф.-м.н., доцент Краснянський Г.Ю.,  
доцент Азнаурян І.О., Кузнецова І.О.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ЕКРАНУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛОСИЛКАТНИХ ОБЛИЦЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДІАПАЗОНІ НВЧ

*Проведено експериментальні дослідження екрануючих властивостей металосилікатних облицювальних матеріалів. Отримано залежності коефіцієнтів відбивання та поглинання електромагнітного випромінювання в діапазоні НВЧ від вмісту міді в матеріалі.*

*Ключові слова: метало силікатний, облицювальний, матеріал, ослаблення, відбивання, НВЧ-випромінювання.*

Одним з найбільш ефективних засобів захисту від електромагнітних полів є електромагнітні екрани, проте теоретичні та технологічні основи їх виробництва і використання розроблені недостатньо, що вимагає проведення додаткових розрахункових і експериментальних досліджень.

Раніше [1] авторами була досліджена можливість використання металосилікатних облицювальних матеріалів з додаванням гранульованої міді для екранування електромагнітних полів. Експерименти довели, що зміна концентрації міді дає можливість розширювати (змінювати) частотний діапазон екранування. Зокрема, добрі результати були отримані для змінних полів частотами 100 Гц – 15 кГц. Дуже важливим є виявлене слабе відбивання випромінювання, яке в багатьох конкретних випадках є неприпустимим. Отриманим результатам було надано теоретичного обґрунтування. Однак викликає інтерес подальше розширення діапазону електромагнітного випромінювання, яке екранується, що вимагає проведення додаткових досліджень.

Метою роботи є експериментальне дослідження захисних властивостей металосилікатних матеріалів у НВЧ-діапазоні.

Металосилікатні композиційні матеріали (МКМ), що поєднують аморфізовані силікатні речовини і металеві порошки [2], мають значні технологічні та функціональні переваги в порівнянні з феромагнетиками, спеціальною керамікою та іншими матеріалами, призначеними для захисту від електромагнітного випромінювання. При цьому, найбільш суттєвою є можливість управління такими властивостями МКМ, як електропровідність, теплопровідність, модуль пружності і т.п. за рахунок напрямленого впливу на

мікроструктуру композиту. Високі фізико-механічні властивості роблять можливим різноманітне застосування МКМ: від облицювальних (в тому числі зовнішніх) виробів до конструкційних деталей. При цьому, змінюючи вид силікатного компонента, можна змінювати і довговічність виробів.

Особливість електрофізичних властивостей МКМ полягає в тому, що при наближенні об'ємної частки металевого компонента до деякого значення (порогу протікання) електропровідність системи стрибкоподібно збільшується (на 9 – 11 порядків), а діелектрична проникність зростає до значень  $10^4$  [3,4]. Відповідно до [5], наявність у МКМ подібних електрофізичних характеристик дозволяє припускати, що, при відповідній оптимізації складу суміші, композиції на основі металевих порошків і аморфізованих силікатів можуть мати яскраво виражені радіоекрануючі властивості.

Приготування зразків здійснювали з використанням таких вихідних матеріалів. В якості діелектричного компонента і, одночасно, в'язучого, що забезпечує водостійкість і довговічність композицій, використовувалися аморфізовані дисперсні гідросилікати кальцію (ГСК) і портландцемент марки 500.

В якості електропровідного компонента використовували порошок міді промислової марки ПМ-1.

Для проведення випробувань були виготовлені зразки – плитки розмірами  $125 \times 66 \times 8$  мм за технологіями, запропонованими в [6]. Формування зразків здійснювали холодним пресуванням суміші порошків при тиску 100 МПа. Зразки на основі ГСК жодній подальшій обробці не піддавалися, в той час як зразки на основі портландцементу протягом доби тверднули у воді.

Коефіцієнти ослаблення та відбивання електромагнітного випромінювання металосилікатним матеріалом вимірювали на стандартному панорамному вимірювачі коефіцієнта стоячої хвилі і ослаблення Я2Р-67.

При вимірюванні ослаблення досліджувані зразки розміщували в проміжку між випромінюючим і приймальним кінцем вимірювальної лінії. При цьому узгодження відкритих кінців хвилеводів виконували за допомогою рупорів. При вимірюванні відбивання зразки кріпили до торця вимірювальної лінії. Вимірювання ослаблення та відбивання проводили не на одній фіксованій частоті, а в інтервалі 19-26 ГГц, що дозволяло враховувати похибки, пов'язані з інтерференцією.

Представлені на рисунку експериментальні дані показують, що при наближенні концентрації металевого компонента до порогової величини відбувається різке зростання коефіцієнта ослаблення електромагнітного випромінювання металосилікатним матеріалом нарівні з більш повільним збільшенням коефіцієнта відбивання.

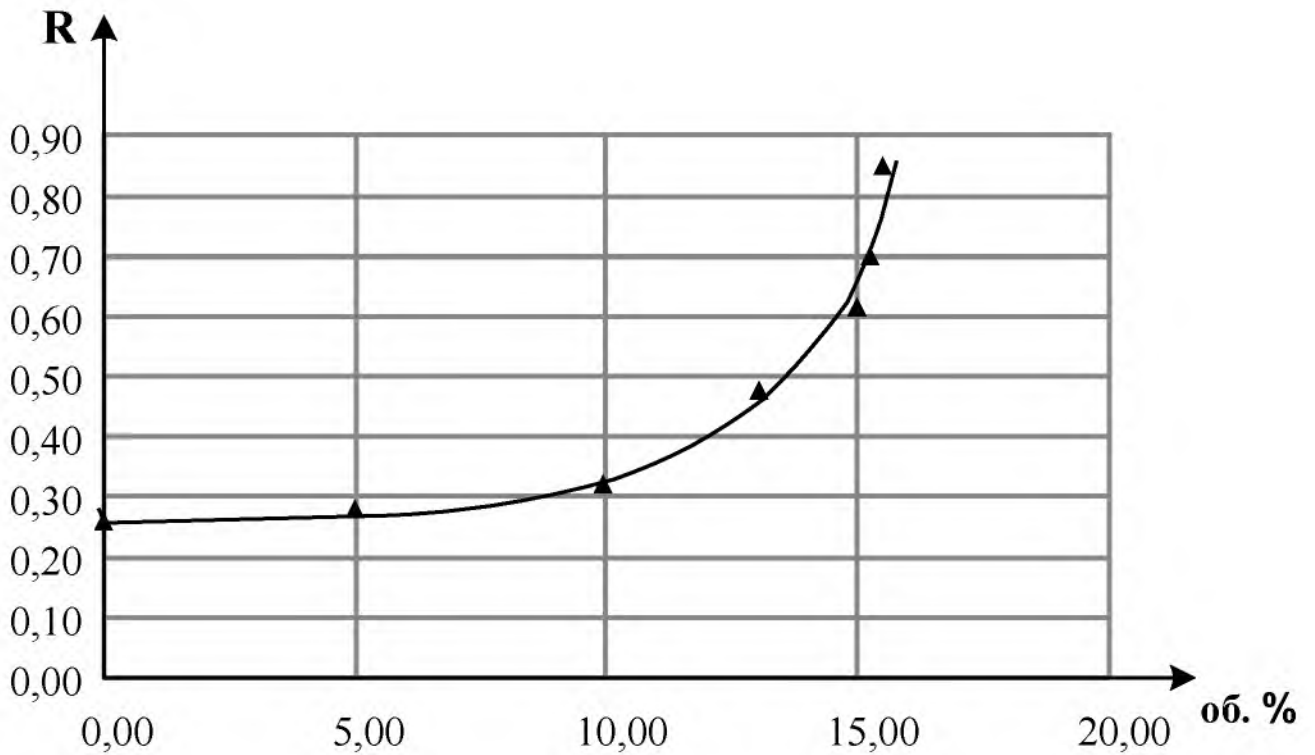
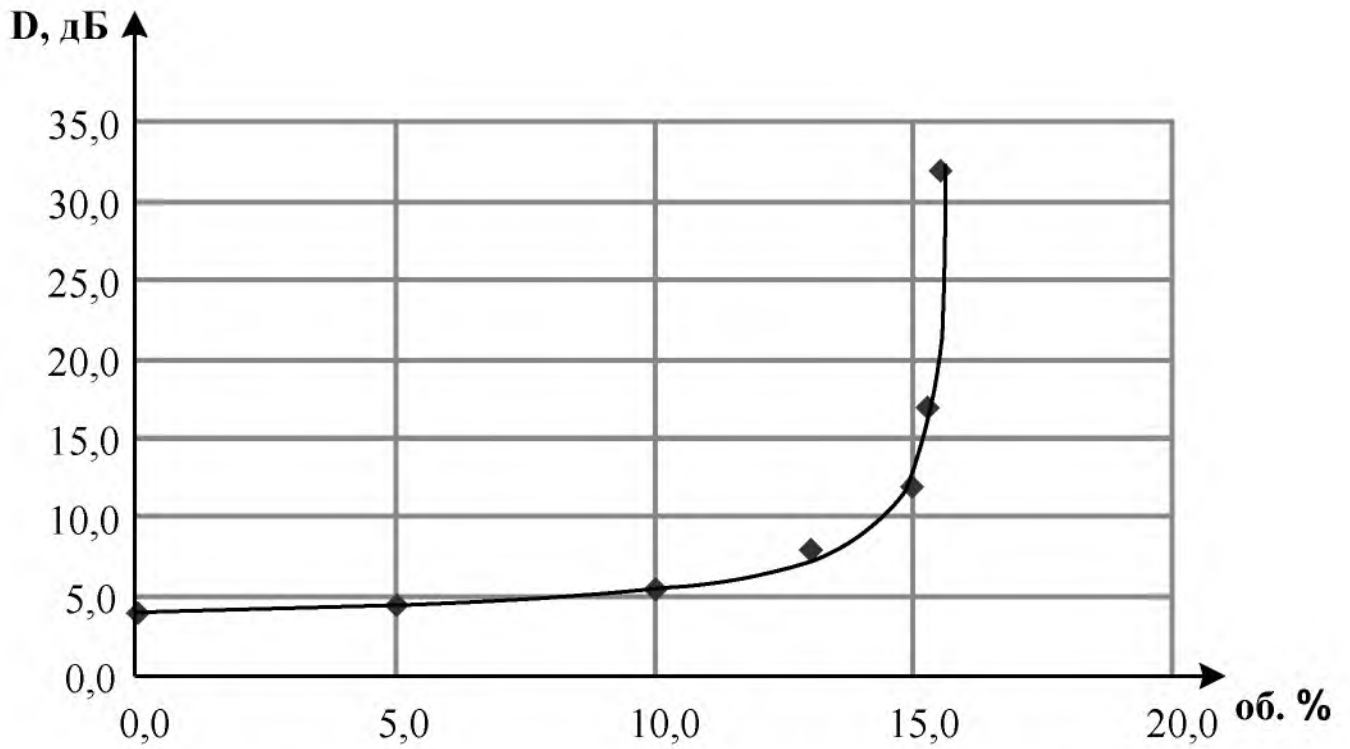


Рис. Залежність коефіцієнтів ослаблення (D) та відбивання (R) композитів мідь-ГСК від вмісту металу ( $\Theta$ ); точки – експеримент, суцільна лінія – теоретична залежність

Це дозволяє зробити висновок, що при певному вмісті металевого компонента в композиційному матеріалі може бути отриманий матеріал, що має достатньо високий коефіцієнт ослаблення при коефіцієнті відбивання, який не перевищує 0,6. При подальшому збільшенні концентрації електропровідного компонента матеріал поводить себе практично як метал, тобто відбивання, як і поглинання, є дуже великим.

Порівняння результатів, отриманих для композитів мідь-портландцемент і мідь-ГСК (див. таблицю), показує, що в досліджуваних системах зміна речовинного складу сполучного компонента не призводить до якісної зміни екрануючих властивостей. Визначальним чинником є близькість концентрації металевого компонента до порогової величини.

Таблиця

Захисні властивості електромагнітних екранів на поблизу порогу протікання

Матеріал; Поріг протікання, об. %	Вміст металу, об. %	Коефіцієнт відбивання R	Коефіцієнт ослаблення D, дБ
мідь-ГСК, 15,3	15,00	0,61	12,0
	15,25	0,70	17,0
	15,50	0,85	32,0
мідь- портландцемент, 16,2	13,0	0,60	10,0
	15,0	0,70	15,3
	17,0	0,80	40,7

Останнє може бути пояснено на підставі наступної якісної інтерпретації ефекту аномального росту діелектричної проникності та електропровідності в композиційному матеріалі. Кожна пара найближчих металевих кластерів, розділених поблизу порогу протікання тонким діелектричним прошарком, може розглядатися як деякий конденсатор. Тоді, при наближенні до порога протікання, ефективна поверхня такого конденсатора прямує до нескінченності і, внаслідок цього, різко зростає ефективна ємність системи. При цьому електричні втрати в такому матеріалі будуть залежати від наскрізної провідності й поляризаційних властивостей діелектричної зв'язки. У нашому випадку, враховуючи достатньо високі діелектричні властивості, як портландцементу, так і продуктів його гідратації – гідросилікатів кальцію, останній фактор, як зазначалося раніше, грає незначну роль. В той же час, фізико-механічні та фізико-хімічні властивості композицій визначаються, в

першу чергу, властивостями цементуючої системи, як показано в [6] для розглянутих матеріалів.

### Висновки

1. На підставі проведених експериментальних досліджень показано принципову можливість використання металосилікатних композиційних матеріалів в якості електромагнітних екранів, здатних поглинати і розсіювати електромагнітне НВЧ-випромінювання.

2. Вивчено поглинаючі властивості металосилікатних матеріалів виду мідь-ГСК та мідь-портландцемент. Показано, що збільшення вмісту металевого компонента призводить до збільшення коефіцієнтів поглинання і відбивання електромагнітного випромінювання. При відповідному підборі складу композиції може бути отримано матеріал, що має значне поглинання при достатньо низькому відбиванні. При вмісті металу, що перевищує порогову концентрацію, екрануючі властивості матеріалу подібні до властивостей металевих екрануючих покриттів.

### Література

1. Клапченко В.И., Краснянский Г.Е., Азнаурян И.А. Электрофизические исследования строительных материалов. – Киев: ВИПОЛ, 2002. – 84 с.
2. Рунова Р.Ф., Семенов Ю.Н., Максун С.Е. Перспективы применения силикатных пресс-порошков для специальных материалов. - Тез. докл. II Всесоюз. науч.-практ. конф. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции, КИСМ, - Киев: СССР, 1984, с. 100-102.
3. Краснянский Г.Е., Максун С.Е., Величко Т.П. Электрофизические свойства металлосиликатных материалов контактного твердения. - Тез. докл. III Всесоюз. науч.-практ. конф. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции, - КИСИ, Киев: СССР, 1989, с. 209-210.
4. Глуховский В.Д., Казанский В.М., Краснянский Г.Е., Максун С.Е. Электропроводность металлосиликатных материалов контактного твердения. - Известия АН СССР. Неорганические материалы, т. 24, N 5, 1988, с. 824-827.
5. Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раваев А.А. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения. - Наука, Москва: СССР, 1982.
6. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максун С.Е. Роль контактно-конденсационных процессов в синтезе прочности цементного камня - Цемент, N 10, 1989, с. 7-8.

**Анотація**

Проведены экспериментальные исследования экранирующих свойств металлосиликатных облицовочных материалов. Получены зависимости коэффициентов отражения и поглощения электромагнитного излучения в диапазоне СВЧ от содержания меди в материале.

Ключовые слова: металлосиликатный, облицовочный, материал, ослабление, отражение, СВЧ-излучение.

**Annotation**

Experimental studies of screening properties of metal-silicate covering materials are conducted. The dependences of the reflection and absorption factors of electromagnetic radiations in the microwave range on the copper content in the material are obtained.

Key words: metal-silicate, covering, material, absorption, reflection, UHF-radiation/