

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 691 + 699.88

DOI 10.31649/2311-1429-2019-2-37-45

М. С. Лемешев**О. В. Христич****Д. В. Черепаха****РАДІОЗАХИСНИЙ МЕТАЛОНАСИЧЕНИЙ БЕТОН
ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Вінницький національний технічний університет

Серед сучасного різноманіття шкідливих антропогенних факторів, які забруднюють навколишнє середовище, особливу увагу привертають - електромагнітні забруднення. Небезпека поширення негативних впливів електромагнітних полів на навколишнє середовище пояснюється стрімкою динамікою розвитку і використання сучасних електронних технологій і радіоелектронних систем, які є надбанням економічно-розвинених держав а також диктуються комунікаційними потребами суспільства. Прогресуючі темпи нерегульованого зростання рівнів електромагнітних забруднень в містах, промислових центрах і мегаполісах зумовлені різким збільшенням кількості радіо- і телевізійних станцій, розширенням мережі високовольтних ліній електропередач, зростанням територій покриття системами мобільного і радіотелефонного зв'язку, радіолокаційним обладнанням, використанням радіоелектронних пристроїв, надвисокочастотних випромінюючих приладів і технологій в усіх галузях промисловості, а також в побутових умовах.

Для захисту біологічних об'єктів від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) в радіочастотному діапазоні використовують екрануючі і радіопоглинаючі матеріали. Як екрануючі матеріали, найбільш поширеного використання набули струмопровідні матеріали (металеві листи і сітки). Однак екранування такими матеріалами біологічних і технічних об'єктів викликає ряд проблем, пов'язаних з погіршенням здоров'я людини і якості функціонування радіоелектронних засобів за рахунок екранування металом природного поля Землі. Використання металевих екранів для бар'єрного захисту від електромагнітних впливів також може призводити до зростання напруженості електромагнітного поля у екрануючому об'ємі внаслідок резонансних явищ.

Світовий досвід захисту навколишнього середовища від шкідливих впливів ЕМВ показує, що для створення бар'єрних екранів використовуються спеціальні матеріали (радіозахисні бетони, кераміка, цегла та інші), які більш прийнятні для біологічного захисту з електрофізичної та гігієнічної точок зору. Такі матеріали відносять до класу композиційних матеріалів. Вони займають проміжне значення провідності між діелектриком і металом і їх можна характеризувати як напівпровідні матеріали.

Науковцями Вінницького національного технічного університету активно проводяться прикладні дослідження по створенню нових ефективних будівельних матеріалів спеціального призначення. Одним з таких композиційних матеріалів і є дрібнозернисті бетони з металевими заповнювачами. Серед комплексу конструкційно-експлуатаційних властивостей такого матеріалу є також здатність послаблювати шкідливі електромагнітні впливи на навколишнє середовище.

Ключові слова: електромагнітні випромінювання, композиційний матеріал, дрібнозернистий бетон, радіозахисні матеріали, екранування електромагнітного випромінювання.

Вступ

Сучасний світ характеризується стрімкими темпами розвитку і впровадження досягнень науково-технічного прогресу в усіх ланках економіки будь-якої країни. Разом з тим такі стрімкі революційно-еволюційні перетворення спричинили зростання рівнів шкідливих впливів антропогенних факторів несприятливих для комфортних, з гігієнічної точки зору, умов життя людини, одним з яких є електромагнітне випромінювання. Створення стаціонарних і технологічних систем протидії шкідливого впливу на навколишнє середовище таких несприятливих факторів є однією з актуальних і стратегічно-важливих науково-технічних задач для будь-якої розвинутої країни [1-2].

Загальновідомим є шкідливий вплив тривалої дії на живі організми штучно згенерованих електромагнітних випромінювань. Останнім часом потужність фону електромагнітного забруднення в окремих сферах життєдіяльності людини значно перевищує гранично допустимі норми [3]. Відомо, що енергія електромагнітного поля, що поглинається тканинами живого організму, перетворюється на теплову енергію, що збільшує загальне тепловиділення тіла і викликає різні морфологічні зміни серцево-судинної, нервової та ендокринної систем організму людини. Виявлено функціональні порушення в роботі організму, які з часом під впливом електромагнітних полів посилюються, проте, їх наслідки можливо зменшити або усунути в разі

припинення впливу електромагнітних випромінювань. Чутливість біологічних об'єктів до електромагнітних випромінювань визначає не тільки специфічність проблеми розробки ефективних засобів, методів і матеріалів для захисту, але і її наукову і практичну значимість [2, 4].

Аналізуючи вищевикладені аналітичні дослідження, цілком очевидно, що для забезпечення нормованих санітарно-гігієнічних умов існування людства необхідно створити нові ефективні радіоекрануючі матеріали. Таким чином серед існуючих науково-технічних проєктів перспективним напрямком є розробка композиційних матеріалів спеціального призначення і дослідження їх екрануючих властивостей в області захисту навколишнього середовища від негативної дії електромагнітного випромінювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Протягом останнього піввікового періоду розвитку суспільства проєктування методів і засобів захисту від шкідливих впливів електромагнітного випромінювання є пріоритетним напрямком досліджень вчених. Значний внесок у розвиток теорії і практики захисту від електромагнітних випромінювань біологічних та технічних об'єктів внесли такі вчені, як Апполонський С. М., Буга Н. Н., Гроднев І. І., Дзюндзюк Б. В., Путятін В. П., Сердюк А. М., Сердюк В. Р. та інші [5-6].

Результатами наукових робіт у сфері біологічного захисту від шкідливих електромагнітних випромінювань є улаштування спеціальних бар'єрних конструкцій або покриттів елементів будівель і споруд з використанням металевих екрани, спеціальних композиційних матеріалів виготовлених зі сплавів різних металів. Однак, такі екрани біологічного захисту мають ряд суттєвих недоліків серед яких особливу увагу привертають: висока вартість таких конструкцій, значні енерговитрати технології виготовлення бар'єрних елементів, дефіцитність складових компонентів радіоекрануючої композиції, необхідність виконання організаційно-підготовчих робіт і операцій в спеціальних заводських умовах.

Найбільш ефективними екрануючими матеріалами є метали, для яких характерна висока електропровідність. Металеві екрани виготовляють з листового металу чи металевих сіток Також для захисту широко використовують керамічні матеріали у вигляді плитки та блоків, котрі поєднані між собою спеціальним шовним матеріалом [7]. Але при влаштуванні екрануючих та поглинаючих покриттів на виробничих об'єктах виникає необхідність створення великогабаритних монолітних конструкцій, для цього найкраще підходять електропровідні бетони з спеціальними властивостями.

Аналіз існуючих наукових розробок показав, що створення матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання є актуальним не лише в Україні, але й в усьому світі. На теперішній час актуальна проблема створення матеріалів, які б мали мінімальну товщину та поглинали б електромагнітні випромінювання в широкому діапазоні частот.

Регламентовані умови зниження рівнів шкідливих впливів електромагнітного випромінювання на живі біологічні об'єкти в окремих випадках потребують екранування зовнішніх впливів всередині приміщень, або зовнішнього екранування проникаючих випромінювань зсередини у разі розташування небезпечного обладнання в окремих спеціальних радіонепроникних приміщеннях. Тому для захисту навколишнього середовища необхідно створити радіоекрануючі покриття, які здатні ефективно поглинати та відбивати електромагнітні хвилі. Найбільш перспективним напрямком дослідження є використання спеціальних будівельних матеріалів здатних поглинати, відбивати та розсіювати потоки ЕМВ.

Метою проведення наукових досліджень, результати яких представлені в роботі є розробка та отримання радіозахисних композиційних будівельних матеріалів спеціального призначення.

Виклад основного матеріалу

Композиційні матеріали вже давно стали синонімом технічного прогресу у зв'язку з їх використанням в різних галузях промисловості і не тільки в Україні. Однак, багато проблемних завдань, пов'язаних з максимальною реалізацією властивостей цих матеріалів, ще не достатньо вивчені, що особливо позначається в тих галузях науки і техніки, де висуваються жорсткі вимоги до захисних матеріалів від ЕМВ, саме: висока стійкість до механічних впливів від статичних і динамічних навантажень, високі радіозахисні властивості, довговічність експлуатації і стійкість до впливу агресивного середовища.

Вивчаючи процеси послаблення електромагнітних потоків в структурі композиційних матеріалів, нами запропоновано доцільність використання для захисту від зовнішніх електромагнітних полів та випромінювання всередині приміщень, як існуючих об'єктів так і при новому будівництві, при виконанні внутрішніх робіт по улаштуванню спеціальних захисних покриттів дрібнозернистих бетонів з дрібнодисперсним металевим заповнювачем. До таких композиційних матеріалів також відноситься електропровідний металонасичений бетон – бетел-м, який містить у своєму складі мілкодисперсний металевий порошок шламу сталі ШХ-15.

Дрібнозернистий металонасичений бетон можна віднести до класу напівпровідних композиційних матеріалів. Завдяки наявності фізико-хімічного контакту між структуроутворюючими частинками мінерального в'язучого і частинками металевого порошку забезпечується достатня адгезія компонентів, а формування в процесі тверднення сформованих виробів у складі композиційного матеріалу підвищеної кількості залізовмісних гідросилікатів та інших новоутворень цементного каменю, він може бути представлений як композиційний напівпровідний матеріал з широким діапазоном теплофізичних, фізико-механічних, електромагнітних і радіозахисних властивостей [8-9].

Розроблені науковцями електромагнітні радіозахисні матеріали є надзвичайно складними як за компонентними складами так і за конструктивними особливостями виготовлення бар'єрного захисту. Технологія їх виготовлення передбачає використання дрібнодисперсних заповнювачів, спеціальних добавок, металів, вуглецю, феритів і в'язучого. В практиці радіозахисту найбільш ефективні феритові наповнювачі, а синтетичні смоли, цемент виконують функцію в'язучого.

Радіопоглинаючі матеріали повинні мати питомий електричний опір в прямому напрямку в межах $10^3 - 10^{-1}$ Ом·см [10]. Якщо питомий опір в прямому напрямі перевищує 10^3 Ом·см, то такий матеріал має низьку електромагнітну екрануючу здатність, якщо ж питомий опір нижче 10^{-1} Ом·см, то значно збільшується коефіцієнт відбиття ЕМВ. Зменшення до мінімуму коефіцієнта відбиття і збільшення до максимуму поглинаючої здатності, сприяє підвищенню радіопоглинальної здатності таких спеціальних матеріалів.

Електрофізичні властивості мілкодисперсного заповнювача дрібнозернистого бетону отриманого на основі технологічних параметрів виготовлення бетелу-м залежать від способу його очищення від залишків органічних речовин і щільності контактних взаємодій між компонентами в тілі композиційного матеріалу (табл. 1). Такі властивості пояснюються відмінністю фізико-хімічних процесів, які відбуваються при гідратаційному твердненні виробів на поверхні частинок металевого заповнювача (шлами сталі ШХ-15) отриманого за різними технологіями очищення від залишків органічних матеріалів. Для видалення залишків змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) з поверхні частинок металевих порошоків використовують два ефективних способи, якими є випалення при температурі 250 - 550 °С без доступу кисню і відмивання в лужних розчинах миючих композицій (КМ-19 або ТМОК-6П). В таблиці 1 наведено результати досліджень зміни питомого електричного опору мілкодисперсного шламу сталі ШХ-15 в залежності від способу очищення та величини зусиль механічного стиснення сухого компоненту.

Таблиця 1

Результати дослідження зміни питомого електричного опору мілкодисперсних порошоків шламі сталі ШХ-15 (Ом·см)

Спосіб очищення шламу	В насипному стані	Вібруощіль-нений	Ущільнення тиском пресування, кг/см ²			
			1	4	15	20
Відмивання	1,02·106	0,86·103	596	78,14	5,1	3,9
Випалювання	9,67·106	1,06·105	726,6	82,37	12,9	9,8

Таким чином електрофізичні характеристики відмитого або відновленого металевого порошку шламі сталі ШХ-15 суттєво покращуються при збільшенні тиску механічного ущільнення металевого порошку завдяки збільшенню площі контактів між частинками провідника. Такі технологічні параметри процесу формування виробів необхідно враховувати при виготовленні зразків-моделей радіозахисного покриття з дрібнозернистого металонаповненого бетону.

В роботах [11-12] авторами встановлено, що електрофізичні характеристик зразків бетелу-м щільної структури можна покращити (табл. 2) і без застосування технології пресування. При цьому об'ємний вміст порошку шламу ШХ-15, повинен становити 50 % і більше від кількості складових компонентів суміші. Використання статичного пресування при формуванні зразків з бетелу-м дозволяє зменшити об'ємний вміст порошку шламу до 30% для отримання таких самих

електрофізичних характеристик. В таблиці 2 приведено результати дослідження впливу рецептурно-технологічних параметрів на електрофізичні властивості зразків дрібнозернистого металонасиченого бетону.

Таблиця 2

Вплив рецептурно-технологічних параметрів на електрофізичні властивості зразків металонасиченого бетону

Об'ємний вміст шламу, %	Тиск пресування, МПа			
	Віброуцільнення	1,0	2,0	3,0
	Питомий електричний опір, Ом·см			
1	2	3	4	5
10	70·106	70·106	70·106	70·106
20	142·104	824·103	317·103	280·103
30	104·103	96·103	17,1·103	1,02·103
40	84·103	47·103	2,26·103	0,99·103
50	10,3·103	1,2·103	356	321
60	1,15·103	948	214	154
70	0,92·103	542	82,9	65,4

Металевий порошок, одержаний на основі шліфувального шламу виробництва підшипників має ряд особливостей в порівнянні з порошками, одержаними за допомогою інших технологічних процесів. В технології шліфування (абразивного стирання) металевих виробів при високих температурах відбувається процес окислення металу, який іноді називають процесом його оксидування. На поверхні частинок металевих порошоків сталі внаслідок хімічно-термічних перетворень утворюються окисдовані поверхні, утворені трьома шарами, які приблизно відповідають закису заліза (FeO), магнетиту (Fe₃O₄) і Fe₂O₃ [13].

Під гомогенною оксидною плівкою утворюється змішана зона металу і оксидів. Шліфувальні шлами сталі ШХ-15 необхідно розглядати як спеціально підготовлений наповнювач для виготовлення радіозахисного матеріалу з цілого ряду причин [11-14]:

- високий вміст металу і його оксидів;
- наявність легуючих добавок;
- висока дисперсність частинок (середній розмір – $(7,5 \div 45) \cdot 10^{-6}$ м, питома поверхня $(0,5 \div 2) \cdot 10^3$ м²/кг);
- наявність закису заліза (FeO), магнетиту (Fe₃O₄) і Fe₂O₃ у верхньому шарі невідновленого металевого порошку шламів додає матеріалу феромагнітні властивості, котрі характерні для радіозахисних композицій;
- наближеність лінійних температурних деформацій сталі і цементного каменя, надає можливість використовувати композиційний матеріал (сталь-цементний камінь) у великому діапазоні температурних режимів експлуатації;
- наявність адгезії між гідратними новоутвореннями цементу і металу, на відміну від вуглецевих провідникових компонентів, забезпечує стабільні електрофізичні і радіозахисні властивості.

Металевий заповнювач у вигляді шламів сталі ШХ-15 у складі дрібнозернистого композиційного матеріалу можна розглядати як багатофазну систему, що володіє фізико-хімічними і струмопровідними властивостями. При наявності в цементній зв'язці струмопровідного і діелектричного заповнювачів утворюється композиційний матеріал, для якого характерні такі ознаки, як гетерогенність, гетерофазність матеріалів, їх багатокомпонентність і, що дуже важливо для радіопоглинаючих матеріалів, наявність великої площі поверхонь розділу фаз між складовими компонентами [14].

Під час проникнення електромагнітного випромінювання через товщину такого композиційного матеріалу, кожна частинка електропровідного компоненту виконує функцію релаксатора, що володіє опором, індуктивністю і ємністю в контакті, посиленої появою подвійного електричного шару на межі розділу фаз. Енергія електричного поля в структурі поглинача з бетону-м буде гаситися за рахунок активних втрат. На границі розділу фаз провідник – кристалогідрат новоутворень цементу, утворюється подвійний електричний шар, який володіє високою ємністю. Зовнішнє поле викликає перезарядку, яка протікає у формі релаксації заряду на ємності з втратами, на якій і розсіюється енергія поля [15].

Якщо розглядати металонасичений бетон як багатошаровий екран, то екранування забезпечується в кожному з безлічі контактів напівпровідника, яким по суті є бетел-м, послідовно з релаксацією заряду і розсіюванням енергії поля в кожному із них [16].

Загальна ефективність екранування радіозахисного матеріалу враховує поглинання, відбиття і багаторазове відбиття ЕМВ. Для електромагнітної хвилі, падаючої на поверхню, існує два види втрат. Хвиля частково відбивається від поверхні екрану, а заломлена (невідбита) хвиля розсіюється і поглинається по мірі її розповсюдження в товщі екрану. Останнє явище, називається втратами на поглинання електричного і магнітного полів.

Збільшити втрати на відбиття можна за рахунок зменшення питомого електричного опору екрану. Опір екрану буде мінімальним при виготовленні його з компонентів або матеріалу з високою провідністю σ і малою магнітною проникністю μ . Якщо замість матеріалу з високою провідністю, використовувати матеріал з феромагнітними властивостями, то це приведе до збільшення магнітної проникності μ і зменшення електропровідності σ . В такому випадку втрати на поглинання зростають, оскільки у матеріалів із магнітними властивостями, магнітна проникність збільшується більшою мірою, чим зменшується провідність [16-18]. Втрати на відбиття зменшаться завдяки збільшенню електричного опору екрану Z_e , а повні втрати в екрані будуть рівні сумі втрат на поглинання і відбиття.

Підтвердженням такої наукової концепції є численні патенти на склади радіопоглинаючих матеріалів і конструкцій екранів з використанням феритів, вуглецевих, металевих волокон. В якості в'язучого частіше всього використовують каучуки, смоли і т.д., але певні переваги має і використання мінерального в'язучого.

Використання шламу сталі ШХ-15 в спеціальних бетонах, дає можливість отримати радіозахисний матеріал з заданими електромагнітними властивостями. Вибираючи потрібну технологію очищення металевих шламів, змінюючи його вміст у складі суміші, технологію виготовлення і формування виробів можна змінювати радіозахисні властивості бар'єрного захисту. Проведені дослідження магнітних властивостей електропровідного заповнювача (табл. 3) підтверджують, що в результаті технологічних процесів обробки сталі ШХ-15, утворюється спеціально підготовлений мілкодисперсний наповнювач з феромагнітними властивостями. Використання такого наповнювача забезпечує отримання нового композиційного радіозахисного матеріалу.

Таблиця 3

Магнітні характеристики шламових відходів сталі ШХ-15

Шлам сталі ШХ-15 по операціям	$d \cdot 10^3$, кг/м ³	$S \cdot 10^3$, м ² /кг	Магнітні характеристики			
			B_r , тл	B_s , тл	H_c , а/м	K_m
Швидкісне механічне обпилювання (обдирання)	4,5	1,0	0,5594	0,029	3880	2,88
Обкатка металевих кульок	5,0	1,5	0,6891	0,056	7840	3,24
Шліфування металевих кульок	6,7	2,0	0,9728	0,085	7200	3,80
Доведення і поліровка металевих кульок	7,2	0,5	1,1316	0,095	5680	3,70

В результаті проведених досліджень авторами в роботах [19-21] підтверджено, що при використанні технологічних процесів обробки сталі ШХ-15, утворюється спеціально підготовлений мілкодисперсний наповнювач з феромагнітними властивостями. Дрібнозернисті металонасичені бетони щільної і ніздрюватої структури з використанням металевих шламів необхідно віднести до групи ефективних радіозахисних матеріалів. Утворена просторова об'ємна електропровідна матриця забезпечує радіоекрануючі і радіопоглинаючі властивості зразків отриманого композиційного матеріалу. Змінюючи геометрію поверхні бар'єрного захисту з радіозахисного матеріалу (шиповидну, зигзагоподібну), структуру тіла композиційного матеріалу, електромагнітні властивості заповнювача можна змінювати екрануючу і поглинаючу здатність таких виробів спеціального призначення.

Висновки

Отриманий новий різновид композиційних будівельних матеріалів поліфункціонального призначення – електропровідний дрібнозернистий металонасичений бетон може знайти своє

застосування для виготовлення виробів щільної і ніздрюватої структури та складної конфігурації поверхні у якості радіозахисних екранів в енергетичній, будівельній, хімічній та нафтохімічній галузях промисловості та на підприємствах точного приладобудування. Використання розроблених матеріалів дозволить знизити вартість виготовлення виробів, скоротити кошторисні витрати на будівництво екранів для захисту від електромагнітного випромінювання. Сукупність комплексу експлуатаційних характеристик та поліфункціональність їх фізико-механічних і електрофізичних властивостей дозволяє віднести такі будівельні матеріали до класу нових ефективних бетонів спеціального призначення та обумовлює їх конкурентоздатність на світовому рівні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ворожбіян М. І. Будівельні матеріали як захист від негативного впливу електромагнітного випромінювання / М. І. Ворожбіян, О. В. Костиркін, М. Ю. Івашенко // *Комунальне господарство міст.* – Харків. – 2015. Випуск 120 (1) – С. 36-41
2. Фатхутдинов Р. Х. Современное состояние проблемы индивидуальной защиты человека от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона / Р. Х. Фатхутдинов, Р. А. Тарасова, В. И. Комлев // *Рабочая одежда.*-2003. - №1.- С.4-8.
3. Терещенко О. П. Вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустимі напруженість електричного поля / О. П. Терещенко // *Modern engineering and innovative technologies.* – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.
4. Сердюк В. Р. Формування структури анодних заземлювачів з бетелу-м для систем катодного захисту / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // *Науково-технічний збірник. Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка, 2010, Випуск 35.* – С. 99-104.
5. Лемешев М. С. Технологічні особливості формування електротехнічних властивостей електропровідних бетонів / М. С. Лемешев, О. В. Березюк, О. В. Христин // *Мир науки и инноваций.* – Иваново: Научный мир, 2015. – Випуск 1 (1). Том 10. География. Геология. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 74-78.
6. Сердюк В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // *Вісник Вінницького політехнічного інституту.* – 1997. – № 2. – С. 5 – 9.
7. Ковнеристый Ю. К. Материалы поглощения СВЧ излучения / Ю. К. Ковнеристый // М.: Наука, 1982. – 168 с.
8. Христин О. В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О. В. Христин, М. С. Лемешев // *Вісник Вінницького політехнічного інституту.* – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
9. Сердюк В. Р. Радіозахисні покриття вартісної структури із бетелу-м / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.* – 2008. – № 5. – С. 37-40.
10. Electromagnetic interference shielding by carbon fibre reinforced cement chion Jeng-Maw, Zheng Qijun, Chung D.D.L. // *Composites (Gr. Brit)* – 1989. – 20. – № 4. – p. 379 – 381.
11. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христин // *Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. (26 февраля 2016 г.).* – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 78-83.
12. Сердюк В. Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.* – 2007. – № 4. – С. 58-65.
13. Сердюк В. Р. Технологические приемы повышения радиопоглощающих свойств изделий из бетэла-м / В. Р. Сердюк М. С. Лемешев // *Строительные материалы и изделия.* – 2005. – №5. – С. 2 – 6.
14. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Вісник Сумського національного аграрного університету.* – 2014. – Вип. 10 (18). – С. 57–62.
15. Сердюк В. Р. Радіопоглинаючі покриття з бетелу-м / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев // *Збірник наукових статей “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”.* Рівне, 2005. – Випуск № 12. – С. 62-68.
16. Лемешев М. С. Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму / М. С. Лемешев // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник.* – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця. – 2006. – С. 36-41
17. Шнейдерман Я.А. Радиопоглощающие материалы/ Я.А. Шнейдерман // *Зарубежная радиоэлектроника.* – 1975. – № 2. – С. 93 – 113.
18. Костыркин О. В. Теоретические аспекты создания материалов для защиты от электромагнитных излучений / О. В. Костыркин, М. Ю. Івашенко, М.О. Костенко // *Зб. наук. праць. УкрДАЗТ – Харків, 2011.* – Вип. 127. – С. 15-17.
19. Сердюк В. Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев. // *Строительные материалы и изделия.* – 2005. – №4. – С. 8-12.
20. Лемешев М. С. Теоретические предпосылки создания радио-поглощающего бетона бетэла-м / М. С. Лемешев // *Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури.* – Макіївка: ДДАБА. – 2005. –№1. – С. 60-64.
21. Лемешев М. С. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Инновационное развитие территорий : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 25–27 февраля 2014 г.* – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.

REFERENCES

1. Vorozhbiian M. I. Budivelni materialy yak zakhyst vid nehatyvnoho vplyvu elektromahnitnoho vyprominiuvannia / M. I. Vorozhbiian, O. V. Kostyrkin, M. Iu. Ivashchenko // Komunalne hospodarstvo mist. – Kharkiv. – 2015. Vypusk 120 (1) – S. 36-41.
2. Fatkhutdinov R. Kh. Sovremennoe sostoianye problemy undyvyudualnoi zashchyty cheloveka ot elektromahnytnykh yzluchenyi radyochastotnoho dyapazona / R. Kh. Fatkhutdinov, R. A. Tarasova, V. Y. Komlev // Rabochaia odezhd.-2003. - №1.- S.4-8.
3. Tereshchenko O. P. Vplyv chastoty elektromahnytnykh vyprominiuvan radiochastotnoho diapazonu na hranychnodopustymu napruzenist elektrychnoho polia / O. P. Tereshchenko // Modern engineering and innovative technologies. – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.
4. Serdiuk V. R. Formuvannia struktury anodnykh zazemliuvachiv z betelu-m dlia system katodnoho zakhystu / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O.V. Khrystych // Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika, 2010, Vypusk 35. – S. 99-104.
5. Lemeshev M. S. Tekhnolohichni osoblyvosti formuvannia elektrotekhnichnykh vlastyvosti elektroprovodnykh betoniv / M.S. Lemeshev, O.V. Bereziuk, O.V Khrystych // Myr nauky y unnovatsyi. – Yvanovo: Nauchnyi myr, 2015. – Vypusk 1 (1). Tom 10. Neohrafiya. Neolohiya. Yskusstvovedenye, arkhitektura y stroitelstvo. – S. 74-78.
6. Serdiuk V. R. Fyzyko-khimichni osoblyvosti formuvannia struktury elektroprovodnykh betoniv / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – 1997. – № 2. – S. 5 – 9.
7. Kovnerystyi Yu.K. Materyaly pohloshcheniya SVCh yzlucheniya / Yu. K. Kovnerystyi // M.: Nauka, 1982. – 168 s.
8. Khrystych O. V. Formuvannia mikrostruktury betoniv dlia zakhystu vid ionizovalnoho vyprominiuvannia / O. V. Khrystych, M. S. Lemeshev // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – 1998. – № 2. – S. 18 – 23.
9. Serdiuk V.R. Radiozakhysni pokryttia variatropnoi struktury iz betelu-m / V. R. Serdiuk, M.S. Lemeshev // Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi. – 2008. – № 5. – S. 37-40.
10. Electromagnetic interference shielding by carbon fibre reinforced cement chion Jeng-Maw, Zheng Qijun, Chung D.D.L. // Composites (Cr. Brit) – 1989. – 20. – № 4. – r. 379 – 381.
11. Lemeshev M. S. Elektrotekhnycheskye materyaly dlia zashchyty ot elektromahnytnoho zahriaznenniya okruzhaiushchei sredy / M. S. Lemeshev, A. V. Khrystych // Ynnovatsyonnoe razvytye terrytorii : Materyaly 4-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (26 fevralia 2016 h.). – Cherepovets : ChHU, 2016. – S. 78-83.
12. Serdiuk V. R. Tekhnolohichni osoblyvosti formuvannia metalonasychenykh betoniv dlia vyhotovlenniia radiozakhysnykh ekraniv / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi. – 2007. – № 4. – S. 58-65.
13. Serdiuk V. R. Tekhnolohycheskye pryemy povysheniya radiopohloshchaiushchykh svoistv yzdelyi iz betela-m / V.R.Serdiuk M.S. Lemeshev // Stroitelnye materialy i izdelya. – 2005. – №5. – S. 2 – 6.
14. Lemeshev M. S. Budivelni materialy dlia zakhystu vid elektromahnitnoho vyprominiuvannia / M. S. Lemeshev, O. V. Bereziuk // Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahranoho universytetu. – 2014. – Vyp. 10 (18). – S. 57–62.
15. Serdiuk V. R. Radiopohlynaiuchi pokryttia z betelu-m / V.R. Serdiuk, M.S. Lemeshev // Zbirnyk naukovykh statei “Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy”. Rivne, 2005. – Vypusk № 12. – S. 62-68.
16. Lemeshev M.S. Formuvannia struktury elektroprovodnoho betonu pid vplyvom elektrychnoho strumu / M.S. Lemeshev // Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii u budivnytstvi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – Vinnytsia: UNIVERSUM – Vinnytsia. – 2006. – S. 36-41
17. Shneiderman Ya.A. Radyopohloshchaiushchye materyaly/ Ya.A. Shneiderman // Zarubezhnaia radyoelektronika. – 1975. – № 2. – S. 93 – 113.
18. Kostyrkyn O. V. Teoreticheskie aspekty sozdaniia materialov dlia zashchyty ot elektromahnytnykh yzlucheniia / O. V. Kostyrkyn, M.Iu. Yvashchenko, M.O. Kostenko // Zb. nauk. prats. UkrDAZT – Kharkiv, 2011. – Vyp. 127. – S. 15-17.
19. Serdiuk V. R. Stroitelnye materialy i izdeliia dlia zashchyty ot elektromahnitnoho yzlucheniia radiochastotnoho diapazona / V. R. Serdiuk, M.S. Lemeshev. // Stroitelnye materialy i izdeliia. – 2005. – №4. – S. 8-12.
20. Lemeshev M.S. Teoreticheskie predposylky sozdaniia radio-pohloshchaiushcheho betona betela-m / M. S. Lemeshev // Visnyk Donbaskoi derzhavnoi akademii budivnytstva i arkhitektury. – Makiiivka: DDABA. – 2005. –№1. – S. 60-64.
21. Lemeshev M. S. Radyoekraniruiushchye kompozytsyonnye materyaly s yspolzovanyem otkhodov metalloobrabotky / M. S. Lemeshev, O. V. Bereziuk // Ynnovatsyonnoe razvytye terrytorii : materyaly 2-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 25–27 fevralia 2014 h. – Cherepovets : ChHU, 2014. – S. 63-65.

Лемешев Михайло Степанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mlemeshev@i.ua, ORCID: 0000-0002-6083-0378.

Христич Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547.

Черепаша Дмитро Володимирович – магістр, Вінницький національний технічний університет, e-mail: dmutro.cherepaha@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3684-4809.

М. С. Лемешев
О. В. Христинч
Д. В. Черехаха

РАДИОЗАЩИТНЫЙ МЕТАЛЛОНАСЫЩЕННЫЙ БЕТОН ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Винницкий национальный технический университет

Среди современного многообразия вредных антропогенных факторов, загрязняющих окружающую среду, особое внимание привлекают - электромагнитные загрязнения. Опасность распространения негативных воздействий электромагнитных полей на окружающую среду объясняется стремительной динамикой развития и использования современных электронных технологий и радиоэлектронных систем, которые являются достоянием экономически развитых государств а также диктуются коммуникационными потребностями общества. Прогрессирующие темпы нерегулируемого роста уровней электромагнитных загрязнений в городах, промышленных центрах и мегаполисах обусловленные резким увеличением количества радио- и телевизионных станций, расширением сети высоковольтных линий электропередач, ростом территорий покрытия системами мобильной и радиотелефонной связи, радиолокационным оборудованием, использованием радиоэлектронных устройств, сверхвысококачественных излучающих приборов и технологий во всех отраслях промышленности, а также в бытовых условиях.

Для защиты биологических объектов от вредного влияния электромагнитного излучения (ЭМИ) в радиочастотном диапазоне используют экранирующие и радиопоглощающие материалы. Как экранирующие материалы, наиболее распространенного использования приобрели токопроводящие материалы (металлические листы и сетки). Однако экранирование материалами биологических и технических объектов вызывает ряд проблем, связанных с ухудшением здоровья человека и качества функционирования радиоэлектронных средств за счет экранирования металлом естественного поля Земли. Использование металлических экранов для барьерной защиты от электромагнитных воздействий также может приводить к росту напряженности электромагнитного поля в экранирующей объеме вследствие резонансных явлений.

Мировой опыт защиты окружающей среды от вредных воздействий ЭМИ показывает, что для создания барьерных экранов используются специальные материалы (радиозащитные бетоны, керамика, кирпич и другие), которые более приемлемы для биологической защиты с электрофизической и гигиенической точек зрения. Такие материалы относят к классу композиционных материалов. Они занимают промежуточное значение проводимости между диэлектриком и металлом и их можно характеризовать как полупроводящим материалы.

Учеными Винницкого национального технического университета активно проводятся прикладные исследования по созданию новых эффективных строительных материалов специального назначения. Одним из таких композиционных материалов и является мелкозернистые бетоны с металлическими заполнителями. Среди комплекса конструкционно-эксплуатационных свойств такого материала является также способность ослаблять вредные электромагнитные воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, композиционный материал, мелкозернистый бетон, радиозащитные материалы, экранирование электромагнитного излучения.

Лемешев Михаил Степанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, Винницкий национальный технический университет, e-mail: mlemeshev@i.ua, ORCID: 0000-0002-6083-0378.

Христинч Александр Владимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547.

Черехаха Дмитрий Владимирович – магистр, Винницкий национальный технический университет, e-mail: dmutro.cherepaha@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3684-4809.

M. Lemyshev
O. Khrystych
O. Cherepakha

RADIATION PROTECTION METAL-SATURATED CONCRETE OF POLYFUNCTIONAL PURPOSE

Vinnitsa National Technical University

Among the modern variety of harmful anthropogenic factors that pollute the environment, special attention is drawn - electromagnetic pollution. The danger of spreading the negative effects of electromagnetic fields on the environment is explained by the rapid dynamics of development and use of modern electronic technologies and radio-electronic systems, which are the property of economically developed countries and are dictated by the communication needs of society. The progressive rates of unregulated growth of levels of electromagnetic pollution in cities, industrial centers and metropolitan areas are caused by a sharp increase in the number of radio and television stations, expansion of the

network of high-voltage transmission lines, the increase of coverage areas by mobile and radio telephony equipment, radioelectronic equipment devices and technologies in all industries, as well as in domestic conditions.

Shielding and radio absorbing materials are used to protect biological objects from the harmful effects of electromagnetic radiation (EMF) in the radio frequency range. As shielding materials, conductive materials (metal sheets and nets) have become most widely used. However, shielding such materials of biological and technical objects raises a number of problems related to the deterioration of human health and the quality of operation of radio-electronic means due to the shielding of the Earth's natural field metal. The use of metal screens for barrier protection against electromagnetic effects can also lead to an increase in the electromagnetic field in the shielding volume due to resonance phenomena.

Global experience in protecting the environment from the harmful effects of EMR shows that barrier screens use special materials (radio-concrete, ceramics, bricks, etc.) that are more acceptable for biological protection from an electrophysical and hygienic point of view. Such materials belong to the class of composite materials. They occupy an intermediate value of conductivity between the dielectric and the metal and can be characterized as semiconductor materials.

Vinnitsa National Technical University scientists are actively conducting applied research on the creation of new effective special purpose building materials. One of these composite materials is fine-grained concrete with metal aggregates. Among the complex structural and operational properties of such a material is the ability to attenuate harmful electromagnetic effects on the environment.

Key words: electromagnetic radiation, composite material, fine-grained concrete, radioprotective materials, shielding of electromagnetic radiation

Mikhail Lemyshev – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Chair Security of Life and Safety Pedagogic, Vinnytsia National Technical University, e-mail: mlemeshev@i.ua, ORCID: 0000-0002-6083-0378.

Khrystych Oleksandr – associate professor, Vinnytsya national technical universit, e-mail: dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547.

Cherepakha Dmytro – magister, Vinnytsia National Technical University, e-mail: dmutro.cherepaha@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3684-4809.