

**М. С. Лемешев**  
**О. В. Христич**  
**К. К. Лемішко**

## **ЕКОЛОГІЧНО ЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ТЕПЛОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

Вінницький національний технічний університет

*Проведений аналіз відповідності огорожувальних конструкцій об'єктів існуючої забудови періоду індустріалізації сучасним вимогам до конструкцій зовнішньої оболонки об'єктів житлового і громадського призначення. Виконано обґрунтування необхідності розгортання науково-проектної діяльності в галузі тепло модернізації об'єктів нерухомості. Розглянуто наслідки впливу на навколишнє середовище електромагнітних забруднень. Відмічено, що для сучасних умов експлуатації об'єктів житлового фонду одночасно з підвищення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі актуальною є проблема зменшення рівнів електромагнітного забруднення приміщень. Наслідком негативних проявів такого антропогенного фактора став бурхливий розвиток комп'ютерних і радіоелектронних технологій, що породжує нові джерела генерування електромагнітних впливів на навколишнє середовище. Обґрунтовано можливість використання дрібнозернистих бетонів з дисперсним металевим заповнювачем для виготовлення нового різновиду будівельних виробів ніздрюватої структури з поліфункціональними властивостями. Представлено графічні інтерпретації результатів експериментальних досліджень впливу рецептурно-технологічних параметрів отримання виробів ніздрюватої структури на фізико-механічні властивості зразків. Встановлено оптимальні компонентні складу сировинних сумішей. Визначено складові етапи методики дослідження радіоекрануючих характеристик зразків, обґрунтовано умови проведення випробувань. Побудовано графічні моделі впливу технологічних параметрів виготовлення зразків на здатність ніздрюватих металонаповнених бетонів поглинати і розсіювати проникаючі потоки електромагнітних випромінювань. Розглянуто фактори впливу на технологію формування нового різновиду ніздрюватих бетонів з поліфункціональними властивостями. Запропоновано перспективні напрямки впровадження отриманих екологічно ефективних будівельних матеріалів для тепло модернізації елементів огорожувальних конструкцій будівель при одночасному забезпеченні сприятливих санітарно-гігієнічних умов всередині приміщень, завдяки екрануванню дисперсно-наповненими напівпровідниковими ніздрюватими структурами шкідливих проникаючих зовні потоків електромагнітних випромінювань.*

*Ключові слова:* енергоефективність, тепло модернізація, будівельний матеріал, ніздрюваті бетони, електромагнітні випромінювання, радіозахисний матеріал.

### **Вступ**

Сучасні вимоги до конструкцій зовнішньої оболонки об'єктів житлового і громадського призначення при забезпеченні експлуатаційних параметрів по довговічності і естетичному оформленню фасадів включають забезпечення високих показників теплозахисту елементів будівель. Актуальними сьогодні є також задачі по реконструкції елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій для існуючих будівель. В теперішньому Світі перед людством постають такі важливі проблеми, як зменшення обсягів витрат традиційних енергетичних ресурсів і одночасно завдання по забезпеченню скорочення шкідливих викидів в атмосферу вуглеводнів, цим самим перешкоджаючи інтенсивному поширенню плюсових температур на планеті[1-2].

Розвиток альтернативних технологій в галузях енергопостачання і запровадження прогресивних інженерно-технічних рішень в проектах з термореконструкції будівель, які перебувають у стані експлуатації дозволить вирішити для будь-якої країни стратегічні задачі, пов'язані з економією витрат на енергозабезпечення, забезпечення експлуатаційних параметрів надійності об'єкту нерухомості, підвищення рівня комфортності всередині приміщень. Реалізація проектів з підвищення енергоефективності будівель позитивно відобразиться на рівні економічного розвитку суспільства, сприятиме модерному зростанню суспільно-виробничих відносин а галузях економіки, забезпечить підвищення конкурентоспроможності виробничої сфери і забезпечить зменшення енергозалежності економіки країни від імпортованих ресурсів.

В сучасних умовах стрімкого розвитку комп'ютерно-комунікаційних систем і радіоелектронних технологій для навколишнього середовища постає серйозна загроза пов'язана з електромагнітними забрудненнями. Поширене використання штучних джерел електромагнітних випромінювань (ЕМВ) в усіх сферах господарської діяльності для країн з розвинутою економікою (телекомунікації, мобільний зв'язок, радіоелектронні пристрої і системи, промисловість, медицина, побутові потреби та ін.) стало наслідком підвищення рівнів шкідливих впливів

викликаних антропогенними факторами. По своїй інтенсивності і частотному спектру вони як правило, значно перевищують відповідні значення природних ЕМВ [3-4]. Електромагнітні випромінювання займають область частот від  $10^{-3}$  до  $10^{26}$  Гц.

У практиці біологічного захисту від ЕМВ діапазон частот 300 МГц...300 ГГц прийнято відносити до діапазону надвисоких частот НВЧ. Істотний внесок в загальний стан збільшення електромагнітних забруднень крупних населених пунктів і промислових міст вносить радіопередавальна апаратура, потужність якої складає десятки кіловат. Наразі такі навантаження періодично збільшуються, оскільки економічно виправданим для сервісних компаній і організацій, які забезпечують експлуатаційні параметри для таких комунікацій вважається досягнення потужності випромінювання в 5 МВт [5]. Також за результатами досліджень показників електромагнітних забруднень відмічено, що в рівень ЕМВ в районі розміщення радіостанцій складає в діапазоні високих частот 2...60 В/м при нормі гранично допустимому рівні (ГДР) 10 В/м, в діапазоні дуже високих частот - 0,5... 12 В/м - ГДР 3 В/м, в діапазоні надвисоких і вкрай високих частот - 1...700 мкВт/см<sup>2</sup> - ГДР 10 мкВт/см<sup>2</sup> [6]. Встановлено, що основними джерелами ЕМВ високих рівнів є антени радіотехнічних систем різного призначення [7]. В разі обслуговування великої території, потужність радіостанцій довгохвильового діапазону може перевищити 1000 кВт, створюючи навіть на відстані до 100 кілометрів напруженість поля близько декілька десятків вольт на метр [6-7]. Для безпеки антени довгих хвиль найчастіше встановлюються за межами великих міст.

Вирішення важливих завдань, пов'язаних з підвищенням експлуатаційних характеристик огорожувальних конструкцій з точки зору енергозбереження, потребують одночасно запровадження організаційних заходів і реалізації інженерно-технічних напрацювань для забезпечення нормованих санітарно-гігієнічних параметрів всередині приміщень будівель.

### Основна частина

Розробка науково-технічних рішень для підвищення експлуатаційних показників енергоефективності існуючих об'єктів перш за все пояснюється надмірно високими витратами енергоресурсів. Для об'єктів масових забудов 1960-1980 р.р. періоду масової індустріалізації економіки характерними є критерії експлуатаційної надійності і конструкційно-механічної стійкості для забезпечення прогнозованих показників довговічності. Регламентовані показники термічного опору зовнішніх стін періодично змінювались від 0.72 Вт/м<sup>2</sup>·К (СНиП І-3-79 Строительная теплотехника) до теперішнього 3.3 Вт/м<sup>2</sup>·К (ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель). Внаслідок чого більше 85% вартості експлуатаційних витрат пов'язані з фінансуванням енерговитрат, що в свою чергу вимагає реалізації інженерно-технічних заходів з тепло модернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель. Традиційними варіантами таких рішень є проекти з улаштування багат шарових огорожувальних покриттів як на поверхні фасадів так і в конструкція покрівель і перекриттів підвальных приміщень. Використання для ізолювально-оздоблювальних робіт матеріалів з різними теплотехнічними характеристиками і структурними неоднорідностями вимагають застосування попереднього обґрунтування типу матеріалу і кількісних параметрів шарів захисного покриття.

Для забезпечення нормованих експлуатаційних параметрів будівлі одночасно з підвищенням теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій актуальною є проблема зменшення рівнів електромагнітного забруднення приміщень. Результати досліджень негативного впливу випромінювання радіотелефонного пристрою на людину підтверджують необхідність розробки і реалізації спеціальних заходів для захисту від такого антропогенного фактору. Досліджені характеристики і проведені розрахунки впливу енергії ЕМВ в процесі поглинення потоків хвиль головою людини від випромінювання антени мобільного телефону показують, що на робочій частоті 0,9 ГГц і струму в антені 0,1 А, в речовині мозку виділяється енергія близько декількох міліват на кубічний сантиметр, що в подальшому при тривалій дії шкідливого фактору може спричинити виникнення негативних перетворень в клітинах [8]. Аналіз рівнів електромагнітних забруднень в крупних містах і промислових центрах показав, що середній рівень шкідливих впливів антропогенного фактору, створений штучними джерелами випромінювання, може перевищувати природний рівень в сотні і тисячі разів. В розвинених зарубіжних країнах, зокрема в США більше половини населення крупних міст протягом тривалого періоду піддається шкідливим впливам електромагнітного випромінювання з рівнями, які перевищують 5 мкВт/см<sup>2</sup> і є надзвичайно шкідливими для здоров'я людини [9].

В існуючій будівельній практиці для реалізації комплексних рішень по підвищенню теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій значну популярність здобули конструкційно-теплоізоляційні матеріали – ніздрюваті бетони. В умовах розвитку будівництва, використання стінових матеріалів виготовлених з бетонів ніздрюватої структури забезпечує можливість по зменшенню маси огорожувальних елементів будівель, по підвищенню теплотехнічних характеристик конструкції, сприяє скороченню витрат дорогих теплоізоляційних матеріалів (мінераловатні та пінополістирольні плити, піноскло і т. д.) і зменшенню експлуатаційних показників енергоспоживання. Стінові вироби з ніздрюватою бетону при зміні середньої густини матеріалу від 500 до 800 кг/м<sup>3</sup>, характеризуються зміною показників коефіцієнта конструктивної якості в межах від 0.18 до 0.12, та збільшенням величини теплопровідності виробів в межах від 0.20 Вт/м<sup>2</sup>·К до 0.38 Вт/м<sup>2</sup>·К.

Технологічні параметри виготовлення бетонів ніздрюватої структури передбачають використання традиційних мінеральних в'язучих (портландцемент), добавок і заповнювачів (природні та техногенного походження). Позитивними сторонами таких технологій є можливість регулювання властивостей матеріалу ніздрюватої структури в залежності від різновидів заповнювачів і добавок. Можливість отримання композиційного матеріалу, здатного підвищувати теплоізолювальні характеристики огорожувальних конструкцій будівель і одночасно зменшувати рівень шкідливих впливів на людину ЕМВ, реалізувалась під час використання у складі формувальних сумішей дрібнодисперсного металевого заповнювача. Завдяки використанню у складі сировинних сумішей дрібнозернистого бетону металевих порошків (відходи металообробних виробництв) був отриманий новий різновид бетонів на основі мінеральних в'язучих – бетел-м [10-11].

Наявність на поверхні частинок металевого порошку окисдованих плівок спричинила прояв фізико-хімічних взаємодій в процесі тверднення мінеральних структур і дозволила отримати дисперсонаповнений композиційний матеріал з рівномірно-розподіленою однорідною структурою [12]. Запропоновані технологічні параметри виготовлення дрібнозернистих бетонів забезпечили отримання нового будівельного матеріалу з широким спектром експлуатаційних властивостей [13-17]. Так згідно з представленими результатами наукових розробок отриманий матеріал з середньою густиною в межах від 450 кг/м<sup>3</sup> 680 кг/м<sup>3</sup>, який здатний послаблювати і поглинати проникаючі потоки шкідливого ЕМВ цим самим створюючи сприятливі санітарно-гігієнічні умови всередині житлових приміщень [18].

Технологія виготовлення матеріалів на основі мінеральних в'язучих з ніздрюватою структурою передбачає використання литих формувальних розчинів. Для таких будівельних сумішей основними загальними властивостями є легкоукладальність, пластичність, однорідність розчину, низькі показники седиментаційних процесів і в'язкість формувальних мас. Сформовані стінові вироби повинні відповідати вимогам по міцності при стисненні, по середній густині, по механічній стійкості при виконання мурувальних робіт, а також здатності поглинати і розсіювати шкідливі ЕМВ. З точки зору вимог до теплотехнічних характеристик матеріалу передбачалось отримання виробів з середньою густиною від 500 кг/м<sup>3</sup> до 800 кг/м<sup>3</sup>.

З точки зору екранування потоків шкідливих випромінювань в поризованій структурі металонаповненого дрібнозернистого бетону, проводились теоретичні дослідження наявних технологій виготовлення захисних покриттів і спеціальних матеріалів для влаштування радіопоглинальних екранів. Так за результатами досліджень було висунуто обґрунтування, що у фізичному сенсі дрібнозернистий радіозахисний металонасичений бетон ніздрюватої структури може бути представлений як гетерогенна система до складу якої входять різні компоненти, з відмінними між собою властивостями (фізичними, механічними і електрофізичними). Матриця поризованих структур виробів, отримана із затверділого в'язучого включає хаотично орієнтовані компоненти металевого порошку і кремнеземистого заповнювача. Мінеральний заповнювач і металевий порошок беруть участь в процесах організації структури твердіння цементних композицій, що виражається в зміні кінетики і значень пластичної міцності, що в подальшому відображається на фізико-механічних і радіозахисних властивостях матеріалу.

Виготовлення будівельних виробів з ніздрюватою бетону, для яких повинні бути притаманні поліфункціональні експлуатаційні параметри: задовільні фізико-механічні характеристики, регламентовані теплозахисні властивості і забезпечення нормованих показників поглинання і послаблення проникаючих потоків ЕМВ потребує дослідження технологічних параметрів формувальних розчинів. Для дослідження запропонованих технологічних параметрів

виготовлення виробів ніздрюватої структури передбачалось вивчення впливу компонентних складів на фізико-механічні властивості розчину і зразків матричного дисперснонаповненого матеріалу. На рисунках 1 - 3 представлено графічні інтерпретації отриманих результатів.

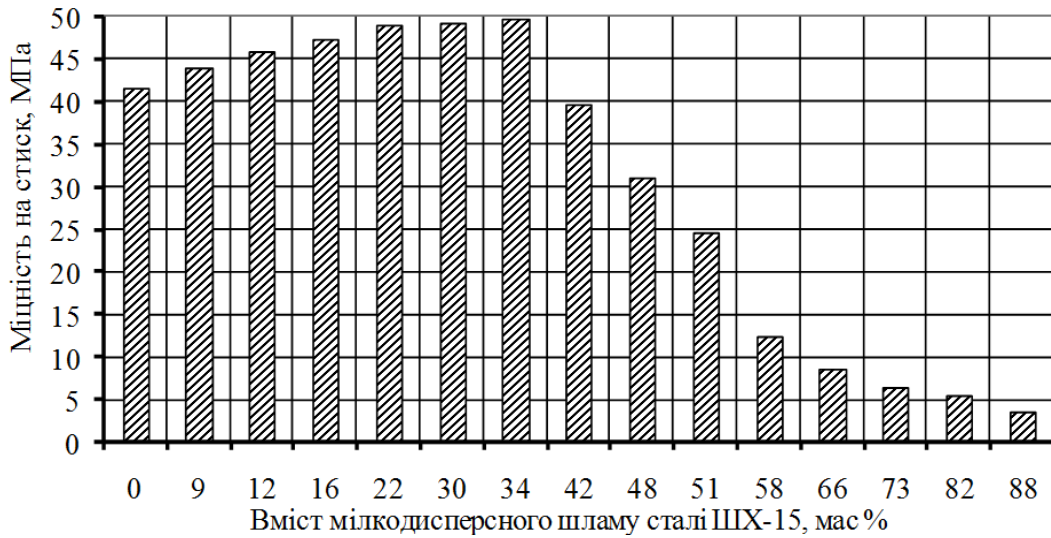


Рисунок 1 – Вплив вмісту металевого порошку на міцність при стисненні зразків

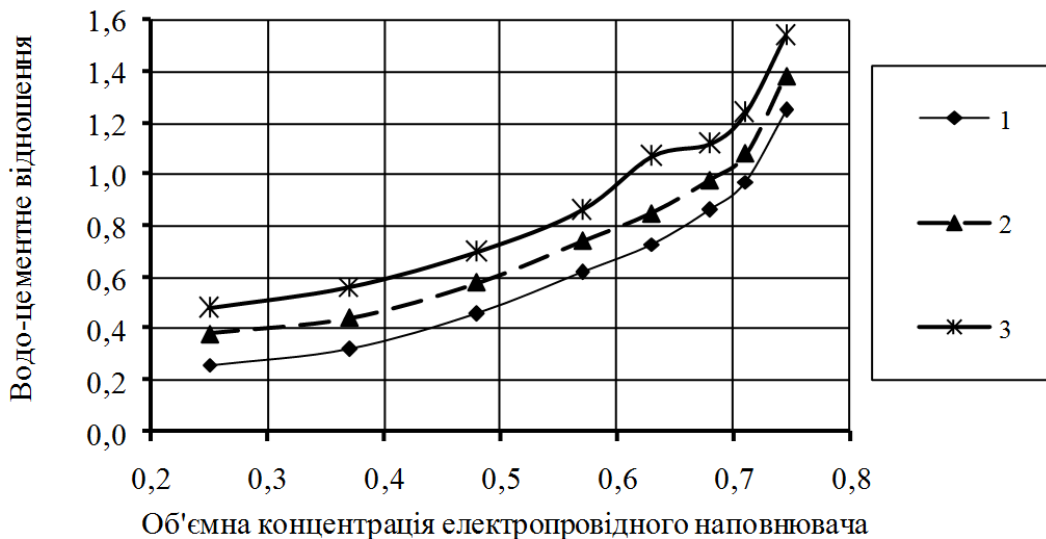


Рисунок 2 – Вплив вмісту металевого порошку на В/Т розчину за розливом конуса (РМК) на струшувальному столику: 1 – (101÷108 мм); 2 – (126÷133 мм); 3 – (158÷169 мм)

З наведених на рисунках результатах графічної інтерпретації матеріалів експериментальних досліджень можна стверджувати, що запропоновані технологічні параметри відповідають вимогам до фізико-механічних властивостей стінових виробів ніздрюватої структури з дрібнодисперсним металевим заповнювачем. Варіювання вмісту металевого порошку у складі сировинних сумішей по різному відображається на механічних і фізичних характеристиках матеріалу. Додавання металевого заповнювача до складу суміші при дозування об'ємного вмісту до 40 % спричиняє зростання структурної міцності виробів. Подальше збільшення кількості металевого заповнювача призводить до зниження механічних властивостей зразків. З точки зору використання виробів для екранування потоків ЕМВ цілком ймовірним є навпаки – підвищення вмісту струмопровідного компоненту у складі затверділої мінеральної матриці. Разом з тим необхідно відзначити що, збільшення вмісту дисперсних металевих порошоків у складі сировинних сумішей призведе до зростання показника питомої поверхні сухих компонентів запропонованих складів і як наслідок такого результату технологічних параметрів буде недостатність мас розчину мінерального в'язучого для формування матричних структур з рівномірно-розподіленими включенням заповнювачів.

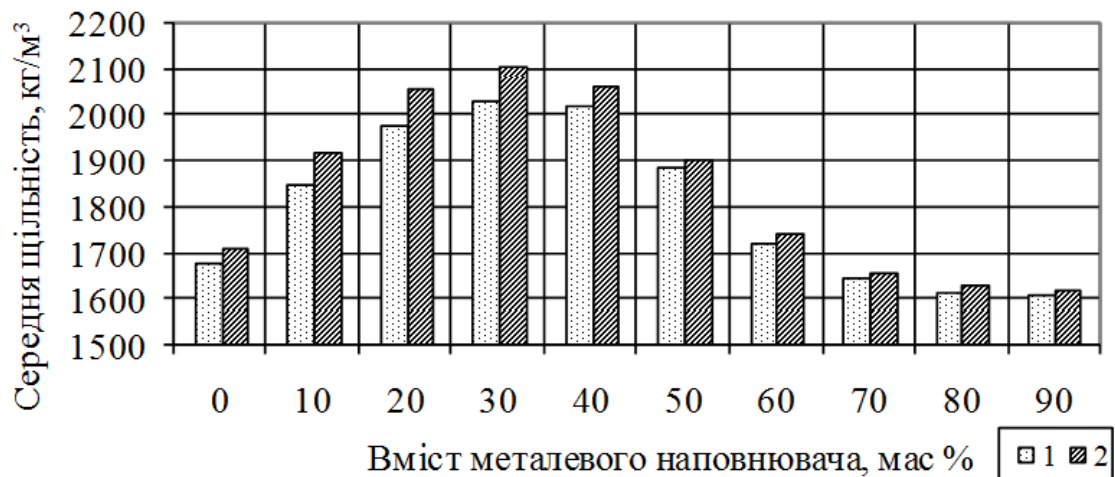


Рисунок 3 – Вплив вмісту металевих порошків у складі литих сумішей (РМК 106-108 мм) на середню густину зразків матричного матеріалу: 1 – цемент:металевий порошок; 2 – цемент:металевий порошок (додавання кварцового піску замість 20 % цементу)

Приймаючи до уваги нормовані вимоги до теплоізоляційних і конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів виготовлених з бетону ніздрюватої структури запропоновано дослідити радіоекрануючі характеристики зразків поризованого масиву при варіювання вмісту металевих порошків в межах від 10 до 80 % мас. Цілком ймовірно, що збільшенні вмісту металевих наповнювачів у складі сумішей і як наслідок збільшення величини питомої площі поверхонь металевих компонентів в структурі матеріалу позитивно відобразиться на здатності виробів екранувати шкідливі електромагнітні впливи. Розглядаючи сформовані маси дисперсно-наповненого ніздрюватого бетону на мікрорівні, можна стверджувати, що структура композиційного матеріалу і її різновиди залежать від мінералогічного складу в'язучого, форми і розмірів частинок і зерен наповнювачів, кількості води в складі суміші, тривалості і режимів тверднення виробів, наявності фізико-механічного або фізико-хімічного контакту в'язучого і наповнювача. Разом з тим хаотичне розподілення діелектричного і струмопровідного компонентів у складі поризованого тіла матеріалу дозволяє стверджувати що отримані вироби на макрорівні можуть представляти складні варіатропні структури з гетерогенними експлуатаційними параметрами. Вивчення здатності металонаповнених виробів ніздрюватої структури послаблювати і розсіювати потоки шкідливих ЕМВ попередньо було прийнято проводити з використанням джерел НВЧ діапазонів. За результатами експериментів передбачалось вивчити вплив технологічних параметрів виготовлення матеріалу на показники захисту від ЕМВ і виконати порівняльну оцінку загальної ефективності екранування, а також окремо дослідити поглинаючу і екранувальну характеристики дослідних зразків матеріалу. Графічна інтерпретація результатів проведення дослідження радіоекрануючої і радіопоглинаючої здатності виробів, виготовлених з використанням металонаповнених дрібнозернистих бетонів ніздрюватої структури наведено на рисунках 4 – 6.

Результати проведених експериментальних досліджень наведені на рис. 4 – 6 підтверджують можливість використання металонаповнених виробів ніздрюватої структури для використання у якості будівельних матеріалів поліфункціонального призначення. Представлені матеріали графічних інтерпретацій результатів дослідження зразків-моделей спеціального оздоблювально-ізолювального покриття показують, що по мірі збільшення вмісту металевих порошків у складі сировинних сумішей, показник загальної ефективності екранування шкідливих ЕМВ також підвищується. Слід також відмітити, що при зменшенні частоти випромінювання до 1 ГГц загальна ефективність екранування зменшується на 20-30%, а при збільшенні до 30 ГГц навпаки – покращується поглинальна здатність структури матеріалу. По мірі збільшення середньої щільності структури металонаповненого дрібнозернистого виробу з ніздрюватого бетону у 1.5 – 1.8 раз при використанні його в якості радіозахисного матеріалу, матимемо зростання загальної ефективності екранування у 2 – 2,5 рази.

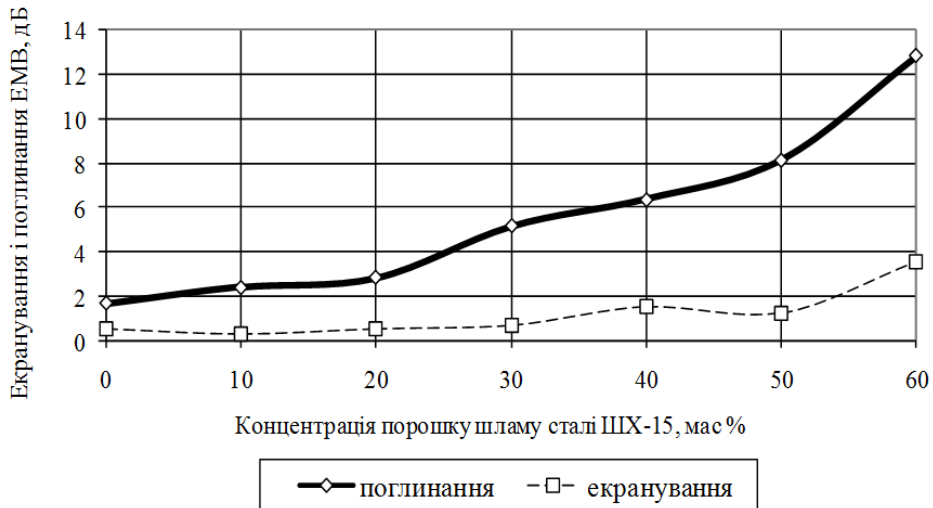


Рисунок 4 – Вплив концентрації порошку шламу сталі ШХ-15 на частоті 8 ГГц на екрануючі і поглинаючі властивості зразків металонаповненого ніздрюватого бетону

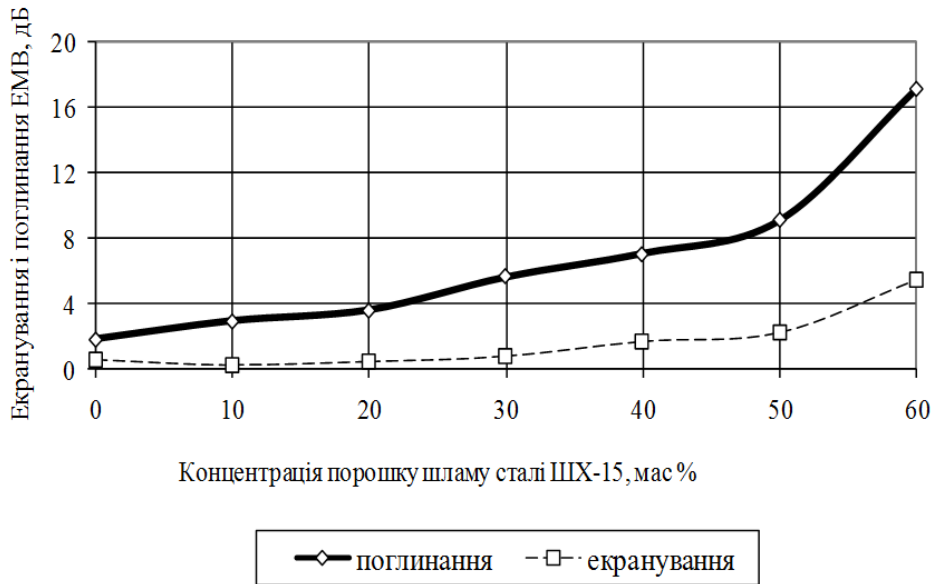


Рисунок 5 – Вплив концентрації порошку шламу сталі ШХ-15 на частоті 10 ГГц на екрануючі і поглинаючі властивості зразків металонаповненого ніздрюватого бетону

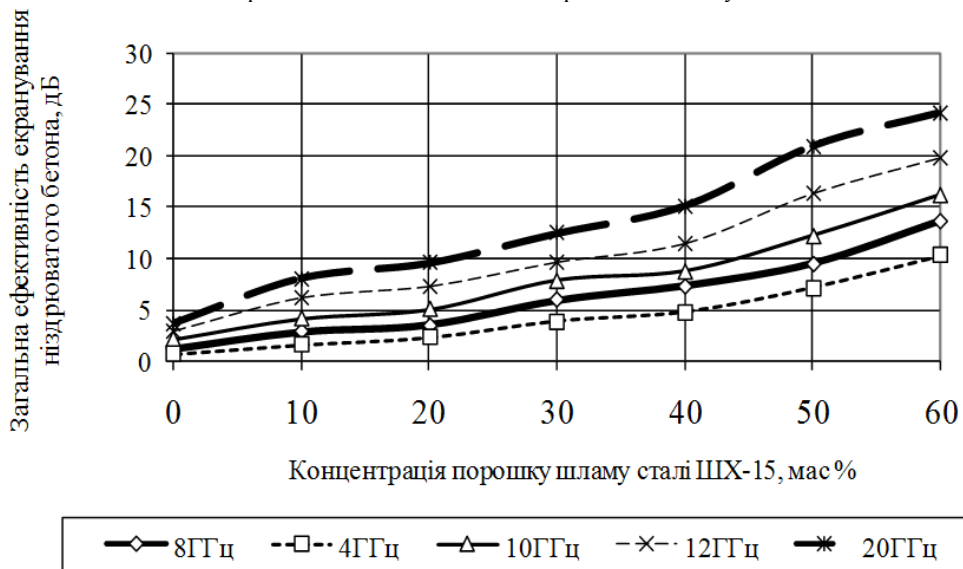


Рисунок 6 – Вплив вмісту металевого порошку у складі суміші на загальну ефективність екранування для різних частот ЕМВ

Аналізуючи отримані результати дослідження поліфункціональних властивостей дрібнозернистих бетонів і виготовлених на їх основі стінових виробів ніздрюватої структури цілком ймовірно є твердження про доцільність використання отриманого матеріалу для виготовлення конструкцій зовнішнього оздоблювально-ізолювального покриття будівель. Ніздрюватий бетон характеризується порівняно низьким коефіцієнтом відбиття котрий не перевищує 17% в діапазоні частот 4-30ГГц, а значить малими екрануючими властивостями, що характерно для радіопоглинаючих матеріалів. Теплозахисні характеристики виробів, виготовлених з ніздрюватого металонаповненого бетону забезпечуються наявністю в структурі матеріалу великої кількості пор (діапазон пористості на мікрорівні може складати 47-88 %) і використанням у складі сумішей високотеплоінерційного компоненту.

### Висновок

Використання запропонованих рецептурно-технологічних параметрів виготовлення стінових виробів ніздрюватої структури з використанням дрібнодисперсних металевих порошків дозволяє отримати новий різновид ефективних стінових виробів з поліфункціональними властивостями. Наявність поризованої структури масиву будівельних виробів забезпечує теплоізолювальну здатність побудованої конструкції огорожувальних елементів будівель. В результаті утворення ніздрюватої структури формувального масиву з дисперснонаповненою матрицею на основі мінерального в'язучого з використанням заповнювачів, яким притаманні діелектричні і струмопровідні властивості, отримано ефективний будівельний матеріал здатний забезпечити регламентовані теплоізолювальні і радіопоглинальні властивості огорожувальних конструкцій будівлі. Реалізація заходів по тепло модернізації конструкцій будівель з використання нового різновиду ніздрюватих бетонів забезпечить покращення комфортних умов всередині приміщень і дозволить одночасно вирішення важливих екологічних проблем.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Томашевська М. А. Електромагнітні поля як біологічно активний фактор навколишнього середовища / М. А. Томашевська, Л. Г. Андрієнко, Т. Е. Кравчук // Гігієна населених місць. – 2006. – Вип.48. – С. 213-217.
2. Сукач С. В. Електромагнітні поля як фактор впливу на мікрокліматичні параметри середовища / С. В. Сукач, Л. О. Левченко // Електромеханічні та електрозберігаючі системи: щоквартальний науково-практичний журнал. – 2015. – Вип. 3. – С. 176–182.
3. 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.
4. Терещенко О. П. Вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на гранично допустиму напруженість електричного поля / О. П. Терещенко // Modern engineering and innovative technologies. – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.
5. Галак С. С. Електромагнітний фон базових станцій рухомого зв'язку і напрямки його зниження / С. С. Галак, В. М. Павлик, А.П. Безверха // Гігієна населених місць. – 2012. – Вип. 60. – С. 204–207.
6. Думанський Ю.Д., Павлик В.М. Методика розрахунку гігієнічно безпечної зони покриття базової станції систем рухомого зв'язку // Гігієна населених місць. – 2007. – Вип. 49. – С. 226–230.
7. Островский О. С. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн / О. С. Островский, Е. Н. Одаренко, А. А. Шматько // Физическая инженерия поверхности. – 2003. – Т. 1, № 2. – С. 161–173.
8. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христюк // Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. (26 февраля 2016 г.). – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 78-83.
9. Ковнеристый Ю. К. Материалы поглощения СВЧ излучения / Ю. К. Ковнеристый. – М.: Наука, 1999. – 168 с.
10. Сердюк В. Р. Бетон электропроводный металлонасыщенный / В.Р. Сердюк. – Винница: Континент, 1993. – 239 с.
11. Сердюк, В. Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев // Строительные материалы и изделия. – Киев: Аспект – Полиграф, 2005, №4. – С. 8-12.
12. Лемешев М. С. Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму / М. С. Лемешев // Науково-технічний збірник. Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві — Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – С. 36-41.
13. Сердюк В. Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2007. – № 4. – С. 58-65.
14. Христюк О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христюк, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
15. Лемешев М. С. Антистатичні покриття із електропровідного бетону / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2017. – № 2. – С. 26-30.

16. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
17. Лемешев М. С. Покриття із бетелу-м для боротьби з зарядами статичної електрики / М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2009. – С. 29-31.
18. Сердюк В. Р. Радіозахисні покриття варіатропної структури із бетелу-м / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 37-40.

## REFERENCES

1. Tomashevskaya M. A. Elektromagnitni polia yak biolohichno aktyvnyi faktor navkolyshnoho seredovyscha / M. A. Tomashevskaya, L. H. Andriienko, T. E. Kravchuk // Hihiiena naselenykh mists. – 2006. – Vyp.48. – S. 213-217.
2. Sukach S. V. Elektromagnitni polia yak faktor vplyvu na mikroklimatychni parametry seredovyscha/ S. V. Sukach, L. O. Levchenko // Elektrotekhnichni ta elektrozberihaiuchi systemy: shchokvartalnyi naukovo-praktychnyi zhurnal. – 2015. – Vyp. 3. – S. 176–182.
3. Fatkhutdinov R.Kh. Sovremennoe sostoianye problemy yndyvudualnoi zashchyty cheloveka ot elektromagnitnykh yzluchenyi radyochastotnoho dyapazona / R. Kh. Fatkhutdinov, R. A. Tarasova, V. Y. Komlev // Rabochaia odezhd. -2003. - №1. - S.4-8.
4. Tereshchenko O. P. Vplyv chastoty elektromagnitnykh vyprominiuvan radiochastotnoho diapazonu na hranychno dopustymu napruzhennist elektrychnoho polia / O. P. Tereshchenko // Modern engineering and innovative technologies. – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.
5. Halak S.S. Elektromagnitnyi fon bazovykh stantsii rukhomoho zviazku i napriamky yoho znyzhennia / S. S. Halak, V. M. Pavlyk, A.P. Bezverkha // Hihiiena naselenykh mists. – 2012. – Vyp. 60. – S. 204–207.
6. Dumanskyi Yu.D., Pavlyk V.M. Metodyka rozrakhunku hihiienichno bezpechnoi zony pokryttia bazovoi stantsii system rukhomoho zviazku // Hihiiena naselenykh mists. – 2007. – Vyp. 49. – S. 226–230.
7. Ostrovskiy O. S. Zashchytnye ekrany u pohlotytely elektromagnitnykh voln / O. S. Ostrovskiy, E. N. Odarenko, A. A. Shmatko // Fyzycheskaia ynzheneryia poverkhnosti. – 2003. – T. 1, № 2. – S. 161–173.
8. Lemeshev M. S. Elektrotekhnicheskyye materyaly dlia zashchyty ot elektromagnitnoho zahriazhennia 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.
9. Kovnerystyi Yu. K. Materyaly pohloshchennia SVCh yzluchennia / Yu. K. Kovnerystyi. – M.: Nauka, 1999. – 168 s.
10. Serdiuk V.R. Beton elektroprovodnyi metallonasyschennyi / V.R. Serdiuk. – Vynnytsa: Kontynent, 1993. – 239 s.
11. Serdiuk, V. R. Stroytelnye materyaly u yzdelyia dlia zashchyty ot elektromagnitnoho yzluchennia radyochastotnoho dyapazona / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev // Stroytelnye materyaly u yzdelyia. – Kyev: Aspekt – Polyhraf, 2005, №4. – S. 8-12.
12. Lemeshev M. S. Formuvannia struktury elektroprovodnoho betonu pid vplyvom elektrychnoho strumu / M. S. Lemeshev // Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Suchasni tekhnolohii, materyaly i konstruktсии u budivnytstvi – Vinnytsia: UNIVERSUM – Vinnytsia, 2006. – S. 36-41.
13. Serdiuk V. R. Tekhnolohichni osoblyvosti formuvannia metalonasyschennykh betoniv dlia vyhotovlennia radiozakhysnykh ekraniv / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnolohii, materyaly i konstruktсии u budivnytstvi. – 2007. – № 4. – S. 58-65.
14. Khrystych O.V. Formuvannia mikrostruktury betoniv dlia zakhystu vid ionizuvannia vyrominiuvannia / O. V. Khrystych, M. S. Lemeshev // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – 1998. – № 2. – S. 18 – 23.
15. Lemeshev M. S. Antystatychni pokryttia iz elektroprovodnoho betonu / M. S. Lemeshev, O. V. Bereziuk // Suchasni tekhnolohii, materyaly i konstruktсии u budivnytstvi. – 2017. – № 2. – S. 26-30.
16. Serdiuk V. R. Zolotsementne viazhucho dlia vyhotovlennia nizdriuvatykh betoniv / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnolohii materyaly i konstruktсии u budivnytstvi. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia. – 2011. – №1(10). – S. 57-61.
17. Lemeshev M. S. Pokryttia iz betelu-m dlia borotby z zariadamy statychnoi elektryky / M. S. Lemeshev, O. V. Khrystych // Suchasni tekhnolohii, materyaly i konstruktсии u budivnytstvi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – Vinnytsia: UNIVERSUM, 2009. – S. 29-31.
18. Serdiuk V. R. Radiozakhysni pokryttia variatropnoi struktury iz betelu-m / V. R. Serdiuk, M. S. Lemeshev // Suchasni tekhnolohii, materyaly i konstruktсии u budivnytstvi. – 2008. – № 5. – S. 37-40.

**Лемешев Михайло Степанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mlmeshev@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: 0000-0003-0166-547X.

**Лемішко Катерина Костянтинівна** – студент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: lemishko.katya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5300-1707.



M. Lemyshev  
O. Khrystych  
E. Lemishko

## ENVIRONMENTALLY EFFECTIVE BUILDING MATERIALS FOR THERMAL MODERNIZATION OF BUILDINGS

Vinnitsa National Technical University

*The analysis of the correspondence of the enclosing structures of the objects of the existing construction of the period of industrialization to the modern requirements for the structures of the outer shell of the objects of residential and public purpose. The substantiation of the necessity to develop scientific and project activity in the field of thermal modernization of real estate objects has been substantiated. The effects of electromagnetic pollution on the environment are considered. It is noted that the problem of reducing the levels of electromagnetic pollution of the premises is urgent for the modern conditions of exploitation of the objects of the housing stock at the same time, due to the improvement of the heat-protective characteristics of the enclosing structures of the building. The negative effects of such anthropogenic factor have led to the rapid development of computer and radio-electronic technologies, which gives rise to new sources of generation of electromagnetic effects on the environment. The possibility of using fine-grained concretes with dispersed metal aggregate for the manufacture of a new type of construction products of porous structure with polyfunctional properties is substantiated. Graphical interpretations of the results of experimental studies of the influence of the recipe-technological parameters of obtaining the products of the cellular structure on the physical-mechanical properties of the samples are presented. Optimal component compositions of raw mixtures have been established. The constituent stages of the methodology of research of the radio-shielding characteristics of the samples are determined, the conditions of the tests are substantiated. Graphical models of influence of technological parameters of sample production on the ability of cellular metal-filled concretes to absorb and disperse the penetrating fluxes of electromagnetic radiation are constructed. The factors of influence on the technology of forming a new type of cellular concrete with polyfunctional properties are considered. Proposed directions of introduction of the received environmentally effective building materials for the thermal modernization of elements of the enclosing structures of buildings while providing favorable sanitary and hygienic conditions indoors, thanks to the screening of dispersed-filled semiconductor structures.*

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

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

**Khrystych Oleksandr** – associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnitsya national technical universit, Vinnitsya. e-mail: dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547X.

**Lemishko Ekaterina** – student, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsya, e-mail: lemishko.katya@gmail.com, ORCID:0000-0002-5300-1707.

М. С. Лемешев  
О. В. Христич  
Е. К. Лемишко

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Винницкий национальный технический университет

*Произведен анализ соответствия ограждающих конструкций объектов существующей застройки периода индустриализации современным требованиям к конструкциям внешней оболочки объектов жилого и общественного назначения. Выполнено обоснование необходимости развертывания научно-проектной деятельности в области тепломодернизации объектов недвижимости. Рассмотрены последствия воздействия на окружающую среду электромагнитных загрязнений. Отмечено, что для современных условий эксплуатации объектов жилищного фонда одновременно по повышению теплозащитных характеристик ограждающих конструкций здания актуальна проблема уменьшения уровней электромагнитного загрязнения помещений. Следствием негативных проявлений такого антропогенного фактора стал бурное развитие компьютерных и радиоэлектронных технологий, порождает новые источники генерирования электромагнитных воздействий на окружающую среду. Обоснована возможность использования мелкозернистых бетонов с дисперсной металлическим наполнителем для изготовления нового вида строительных изделий ячеистой структуры с полифункциональными свойствами. Представлены графические интерпретации результатов экспериментальных исследований влияния рецептурно-технологических параметров получения изделий ячеистой структуры на физико-механические свойства образцов. Установлены оптимальные компонентные составы сырьевых смесей. Определены составляющие этапы методики исследования радиозащитных характеристик образцов, обоснованы условия проведения*

испытаний. Построены графические модели влияния технологических параметров изготовления образцов на способность ячеистых металонаполненных бетонов поглощать и рассеивать проникающие потоки электромагнитных излучений. Рассмотрены факторы влияния на технологию формирования новой разновидности ячеистых бетонов с полифункциональными свойствами. Предложены перспективные направления внедрения полученных экологически эффективных строительных материалов для тепло модернизации элементов ограждающих конструкций зданий при одновременном обеспечении благоприятных санитарно-гигиенических условий внутри помещений, благодаря экранированию дисперсно-наполненными полупроводниковыми ячеистыми структурами вредных проникающих извне потоков электромагнитных излучений.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, тепло модернизация, строительный материал, ячеистые бетоны, электромагнитные излучения, радиозащитное материал.

**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.

**Христич Александр Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Email: dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547X.

**Лемішко Катерина Константиновна** – студент, Винницкий национальный технический университет, e-mail: lemishko.katya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5300-1707.