

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: Спеціальні бетони для захисту від електромагнітного  
випромінювання

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу за  
першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти,  
групи ХТ-17-243  
галузі знань (освітньо-професійної програми)  
16 «Хімічна та біоінженерія»,  
(«Радіаційний та хімічний захист»)

Віталій ПРИХОДЬКО  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: Олена ХРИСТИЧ  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: Галина ШАБАНОВА  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Харків – 2021 рік

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИНАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет (підрозділ) оперативно-рятувальних сил  
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології  
Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»  
Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»  
(назва)  
Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»  
(назва)  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри спеціальної  
хімії та хімічної технології

Олена ТАРАХНО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ Приходька Віталія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Спеціальні бетони для захисту від електромагнітного  
випромінювання»

керівник роботи Христич Олена Валеріївна, кандидат технічних наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від «03» березня 2021 року № 41

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: алюмінати та гексаферити барію; швидкі терміни тужавіння;  
температура експлуатації 1450 °С; висока міцність; високий рівень захисту від  
електромагнітного випромінювання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Аналітичний огляд.

Розділ 2. Характеристика матеріалів та методів досліджень.

Розділ 3. Експериментальна частина.

Розділ 4. Охорона праці.

Висновок

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Мультимедійні слайди у кількості 18 штук

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ           | Прізвище, ініціали та посада<br>Консультанта | Підпис, дата      |                     |
|------------------|--|-------------------|---------------------|
|                  |  | завдання<br>видав | завдання<br>прийняв |
| Охорона<br>праці | Дейнека В.В., доцент кафедри СХХТ, к.т.н.    |                   |                     |

7. Дата видачі завдання 03.03.2021 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                            | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1     | Складання плану кваліфікаційної роботи                         | 03.03.2021                    |          |
| 2     | Оформлення літературного огляду.                               | 10.03.2021                    |          |
| 4     | Розрахунок складу сировинних матеріалів                        | 17.03.2021                    |          |
| 5     | Розрахунок коефіцієнту масового поглинання гама-випромінювання | 01.04.2021                    |          |
| 6     | Розрахунок складу заповнювача                                  | 07.04.2021                    |          |
| 7     | Розрахунок захисних властивостей матеріалів                    | 14.04.2021                    |          |
| 8     | Дослідження фізико-механічні характеристик цементів            | 21.04.2021                    |          |
| 9     | Оформлення результатів кваліфікаційної роботи, висновки        | 10.05.2021                    |          |
| 10    | Оформлення комплексу заходів з охорони праці                   | 17.05.2021                    |          |
| 11    | Подання роботи на захист і захист кваліфікаційної роботи       | 24.05.2021                    |          |
| 12    | Захист кваліфікаційної роботи                                  | 04.06.2021                    |          |

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій ПРИХОДЬКО

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олена ХРИСТИЧ

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)



## РЕФЕРАТ

Звіт про КР : \_ с., \_\_рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ джерел, \_\_\_ додатки.

Ключові слова: захист, електромагнітне випромінювання, бетон, властивості, структура.

Об'єкт досліджень: спеціальний барійвмісний бетон нового класу з комплексом високих експлуатаційних.

Мета роботи: розробка нових ефективних доступних будівельних матеріалів спеціального призначення для захисту від електромагнітних випромінювань (ЕМВ) з високими експлуатаційними характеристиками та визначення їх фізико-механічних та технічних властивостей на основі барійвмісних сполук.

Стислий зміст: роботи та висновки: оптимізовано області складів і розроблено спеціальний цемент та бетону, який відносяться до в'язучих матеріалів з низьким водоцементним співвідношенням, є швидкотужавним, (швидкотверднучим, високоміцним жаростійким матеріалом). Дослідження захисних властивостей цементу - захисту від електромагнітного випромінювання. Визначена можливість використання розроблених матеріалів в складі матеріалів, що екранують від ЕМВ.

Область використання: можливо рекомендувати дані будівельні матеріали для захисту біологічних і технічних об'єктів від впливу електромагнітного випромінювання і підвищення стійкості таких об'єктів при впливі вражаючих факторів. Крім того, за технологіям можуть виготовлятися вироби складного фасону і різних габаритів для захисту від ЕМВ в різних областях промисловості.

ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 7  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД  | 8  |
| 1.1. Загальні відомості. Електромагнітні випромінювання .  | 8  |
| 1.2. Матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання.                                     | 11 |
| 1.3. Вплив електромагнітних випромінювань на організм людини.  | 13 |
| 1.4. Захист від електромагнітних випромінювань.  | 15 |
| 1.5. Характеристика матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання                      | 22 |
| 1.6. Технічні вимоги, що висуваються до матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання. | 26 |
| 1.7 Загальні відомості про бетон для захисту від ЕМВ.  | 27 |
| 1.8 Висновки до розділу  | 29 |
| РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ   | 30 |
| 2.1. Хімічний склад вихідних сировинних матеріалів   | 30 |
| 2.2. Методи дослідження  | 32 |
| 2.3. Висновки до розділу   | 34 |
| РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА  | 35 |
| 3.1. Розрахунок складу та спеціального захисного цементу   | 35 |
| 3.2. Розрахунок коефіцієнта масового поглинання цементу  | 28 |
| 3.3. Розробка та оптимізація складу спеціального бетону.   | 41 |
| 3.4. Фізико-технічні властивості розробленого спеціального бетону                                    | 44 |
| 3.5. Дослідження властивостей бетону захисних від електромагнітного випромінювання.                  | 45 |

|  |                   |                    |                |                      |
|--|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| <b>НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ РПЗ-10</b>                              |                   |                    |                |                      |
| <i>Зм</i>  | <i>Лист</i>       | <i>№ докум.</i>    | <i>Підп.</i>   | <i>Дат</i>           |
| <i>Розробив</i>  | <i>Перевірила</i> | <i>Н. Контр.</i>   | <i>Затв.</i>   |                      |
| <i>Приходько</i>   | <i>Христич</i>    | <i>Скородумова</i> | <i>Тарахно</i> |                      |
| Спеціальні бетони для захисту від електромагнітного випромінювання |                   |                    |                | Лім.   Лист   Листів |
|  |                   |                    |                | 5                    |
|  |                   |                    |                | <b>ХТ-17-243</b>     |

|  |    |
|--|----|
| 3.6 Висновки до розділу                                | 47 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ  | 49 |
| 4.1. Законодавство з охорони праці. Загальні положення | 49 |
| 4.2 Характеристика умов праці.                         | 50 |
| 4.3. Метеорологічні умови                              | 54 |
| 4.4 Електробезпека                                     | 55 |
| 4.5 Захист від електромагнітних випромінювань.         | 57 |
| 4.6. Режим особистої безпеки.                          | 58 |
| ВИСНОВКИ   | 60 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ                              | 61 |

## ВСТУП

Враховуючи дефіцитні умови нашого часу найбільш ефективнішим джерелом енергії є атомна енергетика. На рівні з цим створюються нові технології для продовження роботи ядерних установок, що дозволить зменшити шкідливі викиди порівняно з установками теплових електростанцій.

Інженерно-технічним рішенням було створення бар'єрного захисту, що має вигляд спеціальних екранів та радіаційно – поглинаючих покриттів. Сутністю цього бар'єру буде зведення до мінімуму опромінення працівників та населення в цілому, під час роботи ядерних реакторів, експлуатації, транспортування і зберігання речовин іонізуючого випромінювання та інших джерел радіації.

Світовий досвід показує, що під час побудови об'єктів ядерної енергетики, сховищ радіоактивної сировини та захоронення її відходів, найбільш поширене застосування набули бетони.

Завдяки технології регулювання складу сировинної суміші, бетони можливо використовувати як будівельні матеріали біологічного захисту. За допомогою цієї технології можна користуватися компонентами в'язучої системи. Спеціальні наповнювачі, що вступають в хімічні та фізичні взаємодії з в'язучим можна регулювати радіаційно – хімічні властивості.

Хімічні елементи з різними порядковими номерами в складі бетону дають змогу покращити і взаємозв'язати між собою фізичні, механічні та захисні властивості від іонізуючого випромінювання. Як відомо найбільш вираженими радіаційно – захисними властивостями від електромагнітних, фотонних та іонізуючих випромінювань володіють метали. Тож при додаванні металевих наповнювачів отримують композиційні матеріали з більш високими радіаційно-захисними властивостями.



## Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Загальні відомості. Електромагнітні випромінювання

Електромагнітне випромінювання (електромагнітні хвилі) розповсюджується в просторі обурення електричних і магнітних полів.

Діапазони електромагнітного випромінювання:

1. Радіохвилі
2. Інфрачервоне випромінювання (теплове)
3. Видиме випромінювання (Оптичне)
4. Ультрафіолетове випромінювання
5. Жорстке випромінювання

Основними характеристиками електромагнітного випромінювання прийнято вважати частоту і довжину хвилі. Довжина хвилі залежить від швидкості поширення випромінювання. Швидкість поширення електромагнітного випромінювання у вакуумі дорівнює швидкості світла, в інших середовищах ця швидкість менше [2].

Особливостями електромагнітних хвиль з точки зору теорії коливань і понять електродинаміки є наявність трьох взаємо – векторів: хвильового вектора, вектора напруженості електричного поля  $E$  і вектора напруженості магнітного поля  $H$ .

Електромагнітні хвилі – це поперечні хвилі (хвилі зсуву), в яких вектора напруженостей електричного і магнітного полів коливаються перпендикулярно напрямку поширення хвилі, але вони істотно відрізняються від хвиль на воді і від звуку тим, що їх можна передати

Загальним для всіх видів випромінювань є швидкість їх поширення у вакуумі, дорівнює 300 000 000 метрів в секунду.

Електромагнітні випромінювання характеризуються частотою коливань, що показують число повних циклів коливань в секунду, або

довжиною хвилі, тобто відстанню, на яке поширюється випромінювання за час одного коливання (за один період коливань).

Електромагнітне випромінювання прийнято ділити по частотних діапазонах. Діапазонів немає різких переходів, вони іноді перекриваються, а кордони між ними умовні. Оскільки швидкість поширення випромінювання постійна, то частота його коливань жорстко пов'язана з довжиною хвилі в вакуумі.

Ультракороткі радіохвилі прийнято розділяти на метрові, дециметрові, сантиметрові, міліметрові і субміліметрових або мікрометрові. Хвилі з довжиною  $\lambda$  довжиною менше 1 м (частота понад 300 МГц) прийнято також називати мікрохвилями або хвилями надвисоких частот (НВЧ).

Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що займає спектральну область між червоним кінцем видимого світла (з довжиною хвилі 0,74 мкм) і мікрохвильовим випромінюванням (1 – 2 мм).

Інфрачервоне випромінювання займає найбільшу частину оптичного спектру. Інфрачервоне випромінювання також називають «тепловим» випромінюванням, так як всі тіла, тверді і рідкі, нагріті до певної температури, випромінюють енергію в інфрачервоному спектрі. При цьому довжини хвиль, що випромінюються тілом, залежать від температури нагрівання: чим вище температура, тим коротше довжина хвилі і вище інтенсивність випромінювання. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла при відносно невисоких (до декількох тисяч кельвінів) температурах лежить в основному саме в цьому діапазоні.

Видиме світло представляє собою поєднання семи основних кольорів: червоного, помаранчевого, жовтого, зеленого, блакитного, синього і фіолетового. Перед червоними областями спектру в оптичному діапазоні знаходяться інфрачервоні, а за фіолетовими - ультрафіолетові. Але не інфрачервоні, що не ультрафіолетові не видимі для людського ока [2].

Видиме, інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання становить так звану оптичну область спектра в широкому сенсі цього слова.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 9    |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Найвідомішим джерелом оптичного випромінювання є Сонце. Його поверхня (фотосфера) нагріта до температури 6000 градусів і світить яскраво-жовтим світлом. Ця ділянка спектра електромагнітного випромінювання безпосередньо сприймається нашими органами чуття.

Випромінювання оптичного діапазону виникає при нагріванні тіл (інфрачервоне випромінювання називають також тепловим) через теплового руху атомів і молекул. Чим сильніше підігрітий тіло, тим вище частота його випромінювання. При певному нагріванні тіло починає світитися в видимому діапазоні (каління), спочатку червоним кольором, потім жовтим і так далі. І навпаки, випромінювання оптичного діапазону надає на тіла тепловий вплив [2].

У природі ми найчастіше зустрічаємося з тілами, які випромінюють світло складного спектрального складу, що складається з волі різної довжини. Тому енергія видимих випромінювань впливає на світлочутливі елементи ока і виробляє неоднакове відчуття. Це пояснюється різною чутливістю очі до випромінювань з різними довжинами хвиль. Крім теплового випромінювання джерелом і приймачем оптичного випромінювання можуть служити хімічні та біологічні реакції. Одна з найвідоміших хімічних реакцій, які є приймачем оптичного випромінювання, використовується в фотографії [6].

Жорсткі промені. Межі областей рентгенівського і гамма – випромінювання можуть бути визначені лише вельми умовно. Для загального орієнтування можна прийняти, що енергія рентгенівських квантів лежить в межах 20 eV – 0,1 MeV, а енергія гамма – квантів – більше 0,1 MeV.

Ультрафіолетове випромінювання (ультрафіолет, УФ, UV) – електромагнітне випромінювання, що займає діапазон між видимим і рентгенівським випромінюванням (380 – 10 нм,  $7,9 \times 10^{14}$  –  $3 \times 10^{16}$  Гц). Діапазон умовно ділять на ближній (380 – 200 нм) і дальній, або вакуумний (200 – 10 нм) ультрафіолет, останній так названий, оскільки інтенсивно поглинається атмосферою і досліджується тільки вакуумними приладами [5].

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 10   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Довгохвильове ультрафіолетове випромінювання має порівняно невеликий фотобіологічний активністю, але здатне викликати пігментацію шкіри людини, робить позитивний вплив на організм. Випромінювання цього піддіапазону здатне викликати світіння деяких речовин, тому його використовують для люмінесцентного аналізу хімічного складу продуктів.

Середньохвильове ультрафіолетове випромінювання надає тонізуючу і терапевтичну дію на живі організми. Воно здатне викликати еритему і загар, перетворювати в організмі тварин необхідний для росту і розвитку вітамін D в засвоювану форму, володіє потужним антирахітним дією. Випромінювання цього піддіапазону шкідливі для більшості рослин.

Короткохвильове ультрафіолетове випромінювання відрізняється бактерицидною дією, тому його широко використовують для знезараження води і повітря, дезінфекції та стерилізації різного інвентарю та посуду.

Основний природний джерело ультрафіолетового випромінювання на Землі – Сонце. Співвідношення інтенсивності випромінювання УФ – А і УФ – Б, загальна кількість ультрафіолетових променів, що досягають поверхні Землі, залежить від різних факторів.

Штучні джерела ультрафіолетового випромінювання різноманітні. Сьогодні штучні джерела ультрафіолетового випромінювання широко застосовуються в медицині, профілактичних, санітарних і гігієнічних установах, сільському господарстві і т.д. надаються істотно більші можливості, ніж при використанні природного ультрафіолетового випромінювання [1].

## **1.2. Вплив електромагнітних випромінювань на організм людини**

Внаслідок дії випромінювань на живий організм виникає поява оборотних чи необоротних процесів, що призводять до складних біологічних наслідків. Ці наслідки в першу чергу залежать від дози опромінення, тривалості дії та біологічних особливостей організму.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 11   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

В процесі іонізуючого випромінювання на організм проходить іонізація та збудження атомів і молекул речовини, дисоціація їх в результаті розриву хімічних зв'язків. Більш складні наслідки трапляються в результаті біологічної дії випромінювань, коли проходять складні радіаційно – хімічні зміни викликані продуктами радіолізу води. Основними особливостями дії іонізуючих випромінювань є велика ефективність поглинутої енергії, наявність прихованого періоду прояву дії опромінення, ефект кумуляції – накопичення малих доз, генетичні наслідки, частота опромінь та інші. Так як організм людини на 70 % складається з води. Внаслідок іонізації живих клітин утворюються вільні радикали Н і ОН, а вприсутності кисню сильні окисники  $\text{HO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Ці радикали володіють високою хімічною активністю і вступають в реакції з молекулами білка, ферментів та інших структурних елементів біологічної тканини. Це і призводить до біохімічних процесів в організмі, порушення процесів обміну, придушення активності ферментних систем, сповільнення і припинення росту тканин, появи токсинів. Внаслідок чого завдається погіршення життєдіяльності окремих функцій або систем організму в цілому [3].

Вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти можна розділити на кілька етапів різного рівня. На атомному рівні початковими стадіями є іонізація і збудження, тривалістю  $10^{-16} - 10^{-14}$  с. Згодом в результаті прямого або непрямого впливу випромінювання спостерігалися зміни молекулярної структури. Опромінені біологічні об'єкти. Його тривалість  $10^{-10} - 10^{-6}$  с. Це кінець фізико – хімічної фази радіаційного впливу на живі організми, і починається біологічна фаза. Шкідливі зміни, викликані радіаційним впливом на організм людини, можуть проявлятися у вигляді гострих клінічних ефектів. Враження променя має далекосяжні наслідки. Крім того, в організмі можуть виникати структурні елементи, що викликають (генетичні) зміни у потомства. Тому при оцінці ризиків опромінення, з якими можуть зіткнутися окремі контингенти, радіаційні ефекти діляться на соматичні і спадкові [1, 3,7].

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         | 12   |

Специфіка біологічного впливу іонізуючого випромінювання на організми полягає в тому, що радіаційні ефекти, викликані організмами, не мають нічого спільного з кількістю поглиненої енергії, випромінюваної ними. Об'єкт, скільки виходить за рахунок екстраординарної передачі енергії. Хімічна реакція, викликана вільними радикалами, розвивається з високими виходами і вводить в процес сотні молекул, на які не впливає випромінювання [4].

### **1.3. Захист від електромагнітних випромінювань**

Щоб знизити вплив електромагнітних полів на людей і населення, це в області радіоелектронних засобів, необхідно прийняти деякі захисні заходи. Це можуть бути тканини, інженерія, лікування та профілактика. Здійснення організаційних, інженерно – технічних заходів в основному покладено на відділ санітарного нагляду. Спільно з санітарними лабораторіями підприємств і установ, які використовують джерела електромагнітного випромінювання, вони повинні вживати заходів для проведення санітарних оцінок новозбудованого, виробленого і що був у використанні радіообладнання і засобів; технологічні процеси і пристрої, що використовують електромагнітне поле, призводить постійний санітарний нагляд за об'єктами, які використовують радіаційний джерело, проведення організаційно методичних робіт з навчання фахівців, а також інженерно – технічний нагляд [3].

Вже на стадії проектування необхідно забезпечити, щоб опромінювачі та об'єкти для опромінення були розташовані таким чином, щоб мінімізувати інтенсивність опромінення. Оскільки повністю уніфікувати радіаційний вплив неможливо, необхідно знизити ймовірність проникнення людини в зони з високою силою ЕМП, щоб скоротити час перебування під впливом радіації. Потужність джерел випромінювання повинна бути мінімальною.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 13   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Виключно важливі інженерно-технічні методи і засоби захисту: колективні (комплекс будинків, місцевості, локального житлового масиву (окремі будівлі, приміщення) та індивідуальні. Колективний захист полягає в розрахунку поширення радіохвиль в стані певної території. Економічно виправдане використання натуральних екранів – складок лісових насаджень, нежитлових будівель. Встановивши антену зверху, можна зменшити напруженість поля, яке багаторазово опромінює населений пункт. Аналогічний результат досягається за рахунок відповідної орієнтації діаграми спрямованості, особливо «анти-прямої», наприклад, шляхом збільшення висоти антени. Але високі антени складніше, дорожче, менш стабільні. Більш того, ефективність такого захисту знижується з відстанню. При захисті екрана від випромінювання необхідно враховувати ослаблення хвилі при проходженні через екран (наприклад, через лісосмугу). Рослинність можна використовувати для укриття. Спеціальні екрани у вигляді світлоповертаючих і радіопоглинаючих дорожніх покриттів малоефективні і використовуються рідко [3].

Локальний захист дуже ефективний і використовується часто. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання перерозповсюджується у просторі та потрапляє на інші об'єкти [8].

До інженерно-технічних засобів захисту також належать:

- конструктивна можливість працювати на зниженій потужності в процесі налагоджування, регулювання та профілактики;
- робота на еквівалент налагоджування;

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 14   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

— дистанційне керування.

Для персоналу, що обслуговує радіозасоби та знаходиться на невеликій відстані, потрібно забезпечити надійний захист шляхом екранування апаратури. Поряд із віддзеркалюючими широко розповсюджені екрани із матеріалів, що поглинають випромінювання.

Існує велика кількість радіопоглинальних матеріалів як однорідного складу, так і композиційних, котрі складаються з різнорідних діелектричних та магнітних речовин. З метою підвищення ефективності поглинача поверхня екрана виготовляється шорсткою, ребристою або у вигляді шипів.

Радіопоглинальні матеріали можуть використовуватися для захисту навколишнього середовища від ЕМП, яке генерується джерелом, що знаходиться в екранованому об'єкті. Крім того, радіопоглиначами для захисту від віддзеркалення личкуються стіни безлунких камер — приміщень, де випробовуються випромінювальні пристрої. Радіопоглинальні матеріали використовуються в кінцевих навантаженнях, еквівалентах системах.

Засоби індивідуального захисту використовують лише у тих випадках, коли інші захисні заходи неможливо застосувати або вони недостатньо ефективні: при переході через зони збільшеної Інтенсивності випромінювання, при ремонтних та налагоджувальних роботах у аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення. Такі засоби незручні в експлуатації обмежують можливість виконання робочих операцій, погіршують гігієнічні умови [6].

#### **1.4. Загальні відомості про бетон для захисту від ЕМВ**

Завдяки технології регулювання складу сировинної суміші, бетони можливо використовувати як будівельні матеріали біологічного захисту. За допомогою цієї технології можна користуватися компонентами в'язучої системи. Спеціальні наповнювачі, що вступають в хімічні та фізичні взаємодії з в'язучим можна регулювати радіаційно – хімічні властивості.



Хімічні елементи з різними порядковими номерами в складі бетону дають змогу покращити і взаємозв'язки між собою фізичні, механічні та захисні властивості від іонізуючого випромінювання. Як відомо найбільш вираженими захисними властивостями від електромагнітних, фотонних та іонізуючих випромінювань володіють метали. Тож при додаванні металевих наповнювачів отримують композиційні матеріали з більш високими радіаційно-захисними властивостями.

Металонасичений композиційний матеріал може бути представлений, як складна багаточарова гетерогенна система, властивості кожного елемента якої різняться між собою, якщо фізико – хімічних взаємодійі структуроутворення багатокomпонентних систем буде на основі мінеральних в'язучих.

При використанні дрібнодисперсного металевого порошку, як важкого наповнювача бетону забезпечило одержання різновиду струмопровідного бетону бетел – м (електропровідний метало насичений бетон). Бетел – м являє собою гетерогенну систему, властивості кожного елемента якої різняться між собою. Так наприклад один є діелектричною зв'язкою, а інший – електропровідною складовою матеріалу.

Внаслідок рівномірного розподілу частинок металу в цементі матриці створюється структура цементного каменю, яка є аналогію цементним бетонам з мінеральними дисперсними домішками. Наявність хорошої адгезії між частинками важкого електропровідного наповнювача і в'язучими компонентами суміші, суміщення лінійних деформацій цементного каменю і металу, широкий діапазон електричного опору стали результатом отримання композиційного матеріалу з широким діапазоном теплофізичних, конструктивних і фізико – механічних властивостей, з підвищеними температуропровідністю і тепловіддачею [5].

Штучний синтез щільної структури дисперснонаповненого конгломерату з великою площею внутрішніх поверхонь розділу фаз також позитивно відобразився на послабленні проникаючих потоків

іонізуючих випромінювань в структурі екрануючого матеріалу. Оскільки в структурі бетелу-м створена об'ємна електропровідна матриця, а фотонним електромагнітним випромінюванням згідно з законами квантової фізики одночасно притаманні хвильові та корпускулярні властивості, то поглинання радіоактивності в структурі матеріалу відбуватиметься збудженим в об'ємі електропровідної матриці полем протидії або зарахунок багаторазових відбивань і розсіювань потоку випромінювань поверхнею металу. Насиченість цементного в'язучого металевим порошком і утворення при цьому залізовмісних гідросилікатів з підвищеним вмістом хімічно зв'язаної води очевидно може наближувати бетел-м за спеціальними властивостями до багатошарових метало – водняних екранів (послаблення змішаного  $\alpha$  – випромінювання) [7].

Цементні бетони набули широкого використання при зведенні ядерних установок, створенні сховищ для радіоактивних речовин та їх відходів. В склад цих бетонів входять елементи другої групи, тобто з малими та середніми атомними масами та безпосередньо з іонізуючим випромінюванням. Відомо, що захисні екрани стають більш ефективніші за металеві – і свинцево – водні конструкції, якщо збільшити шар цементних бетонів на самому екрані.

Після опромінення в радіаційно – захисних екранах виникають структурні та хімічні зміни, які викликають погіршення фізико-механічних властивостей. Ці зміни залежать від потужності випромінювання. Враховуючи це ми можемо зробити висновок, що в захисні екрани слід створювати з радіаційно – стійких бетонів на наповнювачах і в'язучих з підвищеними захисними властивостями [4].

Внаслідок випромінювання радіаційні зміни бетонів проявляться у вигляді розширення, зниженні міцності, модуля пружності та інших характеристик. Початкові зміни в бетонах на кварцових наповнювачах спостерігаються при флюенсах нейтронів  $1 \div 3 \cdot 10^{20}$  нейтрон/см<sup>2</sup> (нейтрони високих енергій – 10 кеВ вище).

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 17   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Щоб зменшити потоки випромінювання, що виникають при ядерних процесах, до біологічно безпечного рівня, використовуються захисні екрани від гамма випромінювання. Товщина кріпильних елементів залежить від захисної здатності матеріалів. Захисна здатність різних матеріалів в придушення гамма випромінювання залежить від атомного номера елементів, створити захисний матеріал, тобто з кількості електронів в атомах елементів і енергія випромінювання. Чим вище атомний номер ( $Z$ ) елемента, тим він більше. ефективні перерізи атомів всіх реакцій придушення гамма-випромінювання. В придушенні нейтронного випромінювання, важливий характер взаємодії матерія залежить від енергії самого нейтрона і від типу матеріалу, через проходить потік нейтронів. Речовини з низьким атомним номером – цекраці матеріали для уповільнення швидких і проміжних нейтронів. Щоб поліпшити поглинаючу здатність матеріалу в якому містяться нейтрони потрібно збільшити вміст водню або бору або поліпшити його загальні захисні властивості за рахунок збільшення щільності [2, 3].

У структурі бетону, що захищає від іонізуючого випромінювання використовуються матеріали з високим ступенем захисту, в яких бетон є найбільш важливим, тому що використання різних добавок і наповнювачів може змінить його фізичні і хімічні властивості, що є більш ефективними для ослаблення випромінювання. При опроміненні мінералів в них відбуваються різні зміни: радіаційні дефекти, радіаційне тепловиділення, заміщення та інші. Вони викликають глибокі зміни в кристалічній і молекулярній структурі речовини та погіршуються або взагалі змінюються їх властивості.

До радіаційно-захисних бетонів з підвищеною щільністю відносяться особливо важкі бетони. Вони виготовляються на наповнювачах з істинною щільністю 3–7,8 т/м<sup>3</sup>. Це різні види металевих руд, проміжна сировина металургійної промисловості, штучні металеві наповнювачі (скрап, дріб). До цих бетонів належать: лимонітовий, хромітовий, магнетитовий, серпентинітовий, баритовий та боровміщуючий [6].

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         | 18   |

В якості наповнювачів лимонітового бетону використовують лимонітові руди (мінерал групи гетиту  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Об'ємна маса бетону складає  $2,8 - 3 \text{ т/м}^3$ . Міцність бетону  $14 - 17 \text{ МПа}$ . Особливістю цього бетону – поєднання підвищеної щільності і значного вмісту хімічно зв'язаної води, що робить матеріал стійким до змішаних  $\alpha$  і  $\gamma$  – випромінювань. З метою підвищення щільності використовують комбінований наповнювач: лимонітова руда і металевий скрап. Наслідком чого об'ємна маса зростає від  $3,5$  до  $4 \text{ г/см}^3$ .

Хромітовий бетон використовують в якості радіаційно – теплового захисту реактора від швидких нейтронів, також служить як жаростійкий та радіаційно стійкий матеріал в умовах температур  $t \leq 800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Об'ємна маса бетону складає  $2,9 - 3,3 \text{ т/м}^3$ . Основою хромітового бетону є хромітова руда (мінерал групи шпінелі хроміт  $\text{Cr}_2\text{O}_4$ ), також додають глинозем, кремнезем та оксиди заліза.

В якості наповнювачів магнетитового бетону використовують руди основа яких складає мінерал групи шпінелі магнетит  $\text{Fe}_2\text{O}_4$ , мінерал групи корунду ільменіту гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Об'ємна маса бетону ( $\rho_b$ ) складає  $3,2 - 4,5 \text{ т/м}^3$  і залежить від вмісту заліза у воді. Вода в бетоні міститься лише у вигляді води змішування. Якщо захист не потребує підвищеного вмісту хімічно зв'язаної води, то матеріал можна використовувати при  $+500 \text{ }^\circ\text{C}$  [3, 4].

До бетонів з підвищеним вмістом хімічно зв'язаної води (гідратні) відноситься серпентинітовий. Серпентинітові наповнювач, які складається з серпентиніту  $3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  з домішками  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Може містити до  $13 \%$  зв'язаної води, що свідчить про кращі гідратні властивості порівнюючи з лимонітом. Об'ємна маса бетону ( $\rho_b$ ) становить  $2,2 - 2,3 \text{ т/м}^3$ , кількість зв'язаної води дорівнює  $12 - 15 \%$ . Робоча температура бетону становить  $+450 \text{ }^\circ\text{C}$ . Відомо, що значну кількість води бетон втрачає при  $+480 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для збільшення щільності бетону використовують комбіновані залізо – серпентинітові наповнювачі, при цьому  $\rho_b = 3,55 \text{ т/м}^3$ , але товщина

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 19   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

проникнення гама – випромінювань ( $\lambda\gamma$ ) стає меншою на 41,3 %. Використовують такий бетон для будівництва радіаційно-теплого захисту .

Як відомо баритовий бетон є особливо важким матеріалом захисту. Його наповнювачем є баритова руда (мінерал  $BaSO_4$ ) з домішками кремнезему, глинозему і шкідливих домішок піриту та інших сірчистих з'єднань. Об'ємна маса бетону становить 3,0–3,6 т/м<sup>3</sup>, вода в матеріалі міститься у вигляді змішування, міцність бетону 16–30 МПа. Має захисні властивості від  $\gamma$ -випромінювань такі ж як бетон із залізних руд, баритовий бетон при однаковій товщині трохи послаблює нейтронні потоки і здебільшого не викликає вторинного  $\gamma$ -випромінювання. Також використовують домішки лимонітової руди до 23 %, щоб збільшити кількість хімічно зв'язаної води, для підвищення щільності додають залізну руду і лом. Матеріал застосовують як ізвичайний важкий бетон [4].

Боровміщуючі бетони використовуються для захисту від нейтронних випромінювань і зниження температури радіаційного нагрівання захисного екрану. Боровміщуючі матеріали повинні перевищувати в бетоні 15 % від маси цементу (карбід бору  $B_4C$ , двуводневий борат кальцію  $CaB_2O_4(OH)_3 \cdot H_2O$ , датоліт  $CaBSiO_4(OH)$ , та інші). В якості важких наповнювачів в таких бетонах застосовують серпентиніт, шамот, хроміт. Об'ємна вага бетонів 2,35–2,7 т/м<sup>3</sup>, міцність на стискання 20–50 МПа. Бор доречно використовувати як домішки для бетонів, що працюють в умовах підвищених температур, коли важкі бетони втрачають вільну і частину хімічно зв'язаної води [3, 7].

Як відомо в якості радіаційно-захисного матеріалу бетонів використовувалися рідко-земельні елементи. До них відносять рідкоземельні метали, такі як самарій Sm, гадоліній Gd, європій Eu. Оскільки вони мають великі ефективні перерізи взаємодії з випромінюванням, то мали широке використання в реакторній техніці. Вони добре поглинають нейтронне випромінювання і мають задовільні показники екранування вторинного  $\gamma$  – випромінювання [4].

|     |      |           |        |      |                         |      |
|-----|------|-----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |           |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |           |        |      |                         | 20   |
| Зм. | Лист | № док.ум. | Підпис | Дата |                         |      |

Крім використання природних залізорудних наповнювачів у будівництві широкого застосування набули штучні матеріали з високим вмістом заліза. Цевідходи виробництва (шлаки, пил, окалина, обрізки, скрап); спеціально виготовлені обрізки, кульки, ролики, циліндрики з вуглецевих сталей; чавунний дріб, що використовується для очищення металів, частинки чавуну, які отримані при подрібненні відходів чавуну; криця, яка є металургійною сировиною, отриманою при збагаченні залізної руди.

Розглянемо характеристику окремих із перерахованих матеріалів:

– окалина є дрібним наповнювачем, відходами металургійної промисловості з вмістом заліза біля 70 %, за гранулометричним складом відноситься до дрібних, пилюватих пісків;

– окатиші – це крупний наповнювач (20–30 мм), отриманий із залізорудного концентрату шляхом грануляції і спікання, вміст заліза біля 60 %, об'ємна насипна вага  $\geq 2,3 \text{ т/м}^3$ ;

– скрап використовується як крупний наповнювач з об'ємною насипною вагою 4,2–4,6  $\text{т/м}^3$ ;

– залізорудний концентрат-пісок отримують шляхом перемелювання і збагачення залізної руди, вміст заліза біля 60 %, об'ємна насипна вага 2,3 – 2,6  $\text{т/м}^3$ ;

– чавунний дріб є дрібним наповнювачем (1,5 мм), об'ємна насипна вага якого дорівнює 4,4  $\text{т/м}^3$ ;

– чавунна стружка, як дрібний наповнювач з об'ємною вагою 2,3  $\text{т/м}^3$ ;

– чавунне литво у вигляді кубиків розміром 10 – 80 мм;

– пил, отриманий з фільтрувальних пристроїв містить 75 – 95 % заліза, використовується як важкий наповнювач розчинів, або в комбінації з крупним в бетонах [6].

Стальні відходи машинобудівної промисловості також використовують в якості наповнювачів радіаційнозахисних складів. Домішки сталених наповнювачів значно покращують захисні, фізичні і технологічні властивості, але не для усіх бетонів однаково. Механічні властивості бетонів

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 21   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

на сталюму лому дещо гірші порівняно із звичайним, хоча без особливих ускладнень можна отримати матеріал з об'ємною вагою 5,4 т/м<sup>3</sup>. При використанні відходів від подрібнення крупного заповнювача і чавунного дробу, як дрібного заповнювача дозволяє отримати щільність 6,8 т/м<sup>3</sup>. У вигляді штучних наповнювачів захисних бетонів застосовують шлаки, отримані при виплавці свинцю, шлаки, які утворені при виплавці міді в шахтних печах. Вони легко кришаться, крупність частинок складає 1–100 мм. Ці матеріали містять в собі велику кількість оксидів кальцію і магнію, які в умовах відвалів поступово гасяться. При застосуванні шлаків отримують бетон міцністю 32,5–44 МПа і щільністю 2,58–2,78 г/см<sup>3</sup>. В якості в'язучих для радіаційнозахисних бетонів використовуються портландцемент, глиноземистий і магнезіальний та інші. Рекомендації відносно використання портландцементів наводяться в роботах. Портландцементний камінь при опроміненні не змінює геометричних розмірів, коефіцієнту лінійного розширення, ваги [4, 6].

При будівництві ядерних установок в США використовується магнезіальний цемент (70 % Mg + 30 % MgCl<sub>2</sub>). Цей цемент використовується і в деяких інших країнах, але в обмеженій кількості. Протягом останнього часу в зарубіжній і вітчизняній практиці значного поширення отримав портландцемент в якості в'язучого бетонів, як найбільш доступний і дешевий матеріал [3].

### **1.5. Матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання**

Головною метою є створення матеріалів з високим ступенем захисту, які діляться на: легкі матеріали; матеріали, що складаються із елементів з середнім значенням атомного номера; важкі матеріали.

Захисні екрани використовують для послаблення нейтронного та гамма-випромінювання, для зниження потоків радіації, що виникли в наслідок ядерних реакцій, до безпечного рівня для життя. Від захисної здатності матеріалу залежить товщина елементів захисту, а від атомного номера

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         | 22   |

елементу залежить здатність послаблення гамма-випромінювання залежить. Тобто якщо атомний номер (Z) елемента більше, то перерізи атомів всіх реакцій ефективніші в послабленні гамма-випромінювання [4, 5].

А от для нейтронного випромінювання навпаки речовини з низьким атомним номером є найкращим матеріалом для уповільнення швидких і проміжних нейтронів. Тому що для ослаблення нейтронного випромінювання важливий характер взаємодії енергії нейтрона самої речовини і виду матеріалу, через якій проходить потік нейтронів. Для покращення поглинаючої здатності від дії нейтронів в матеріалі збільшують вміст бору чи водню, також можна збільшити густину для покращення всіх захисних властивостей. Для покращення поглинаючої здатності від дії нейтронів в матеріалі збільшують вміст бору чи водню, також можна збільшити густину для покращення всіх захисних властивостей.

Від іонізуючого випромінювання використовують для захисту матеріали з великою захисною ефективністю. Найчастіше це бетони, через те що використання різного роду добавок і заповнювачів дозволяє модифікувати їх фізико-хімічні властивості, що спричиняють вирішальну дію на ефект ослаблення випромінювання. При дії випромінювання на мінерали з'являються радіаційні дефекти, вакансії, заміщення і т. д., що призводить до глибокої зміни кристалічної і молекулярної структури речовини та зміни його властивостей. При дії нейтронного і гамма випромінювання на матеріал виникає радіаційне тепловиділення.

Для будівництва біологічного захисту застосовують переважно портландцемент, який після тверднення містить до 20 мас. % води у зв'язаному стані. Однак, при нагріванні матеріалу, вода затворення та хімічно зв'язана вода, виділяється з бетону при достатньо низькій температурі (при 155 – 400 °C відбувається дегідратація алюмінатів  $m\text{CaO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$  і силікатів  $\text{CaSiO}_3$  кальцію), що знижує захисні властивості цього матеріалу і міцність цементу на 60 %. При підвищенні температури від 400 до 600 °C відбувається дегідратація  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  з утворенням  $\text{CaO}$ , що



викликає подальше порушення структури матеріалу. Нагрівання до 600 – 800 °С і подальша витримка матеріалу при вказаних температурах приводить до повного руйнування портландцементу внаслідок гідратації вторинного СаО з утворенням Са(ОН)<sub>2</sub>. Тому для підвищення жаростійкості звичайних бетонів, приготованих на основі портландцементу, вводять тонкомолоті добавки, зв'язуючи СаО. Ці добавки містять SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в кількості до 1 мас. ч. на 1 мас. ч. цементу. При нагріванні до 600 – 1200 °С вказані оксиди вступають в реакцію з СаО і зв'язують вільне вапно.

Найкращими добавками служать: тонкомолотий шамот, керамзит, гранульований шлак, базальт і ін. Проте, захисні властивості таких бетонів не будуть високими, тому що в їх склад не входять елементи з великою атомною масою.

При підвищених температурах доцільно застосовувати глиноземистий цемент, який створює при твердненні кристалогідрати з великою кількістю зв'язаної води типу 2СаAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·7Н<sub>2</sub>O. Недоліком глиноземистого цементу є виділення великої кількості тепла, що виділяється при затворенні його водою, яке і викликає виникнення внутрішніх напруг в спорудах, що приводить до появи тріщин і порушення монолітності каркаса захисту.

Як захисний матеріал може бути застосований магнезійний цемент, в якому при твердненні утворюються комплексні солі 3MgO·MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O і 3MgO·MgCl<sub>2</sub>·11H<sub>2</sub>O, що містять велику кількість зв'язаного водню. Але головним недоліком такого цементу є відбувається сильна корозія сталевих арматури і металічних конструкцій [6].

Як в'язучий матеріал для захисних бетонів можна використовувати спеціальні барієві цементи [4, 5]. Сполуки барію можна також вводити і до складу портландцементу. Одержуваний моноалюмінат барію підвищує вогнетривкість і захисні властивості бетону. Також можуть бути використані в'язучі матеріали, які містять свинець, фосфати алюмінію, магнію, сульфатно – шлакові цементи, при твердненні яких утворюються гідросульфоалюмінати кальцію типу 3СаО·3СаSO<sub>4</sub>·31Н<sub>2</sub>O.

Добре зарекомендували себе цементні на основі силікатів барію [5]. При нагріванні вони зберігають щільну керамічну структуру, оскільки переривається процес перекристалізації і зберігається висока міцність. Такі барієві цементні різко відрізняються від аналогічних кальцієвих складів.

Як заповнювачі для бетонів може бути застосований широкий спектр матеріалів. Вибір заповнювача визначається вимогами щодо бетону. Разом із звичайними мінеральними заповнювачами застосовують серпентиніт, який використовують у вигляді засипки. Як заповнювачі для захисних бетонів використовуються ефективні природні матеріали, а саме, борвмісні, лімонітові, магнетитові, серпентинітові, баритові, що дозволяє підвищити густину звичайного бетону до 3000 кг/м<sup>3</sup> і збільшити вміст хімічно зв'язаної води до 20 мас. % . Проте, вони мають низьку термостійкість, морозостійкість, недостатньо добра легкоукладаність, велика усадка [3].

Як вже наголошувалося, при ослабленні нейтронного і гамма – випромінювань в об'ємі захисту генерується так зване радіаційне тепловиділення, що приводить до розігрівання матеріалу захисту. Поглинання потоку енергії до  $2 \cdot 10^{13}$  MeV/cm<sup>2</sup>s викликає збільшення температури до 1000 – 1200 °C. З підвищенням температури будівельно – технічні властивості бетону погіршуються, а саме падає міцність і модуль пружності, збільшується повзучість. Характер зміни міцності бетону на глиноземистому і портландцементі при нагріванні до 800 °C пов'язаний з втратою хімічно зв'язаної води і розпушуванням бетону в результаті різних об'ємних радіаційних деформацій цементного каменя і заповнювача. Гранична температура використання будівельного бетону – до 300 °C. У зв'язку з цим з'являється потреба в створенні спеціальних жаростійких захисних бетонів [5, 6].

## 1.6. Характеристика матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання

В наш час підвищений електромагнітний фон. Він складається з іонізуючого електромагнітного випромінювання, неіонізуючого електромагнітного випромінювання (на частотах 3000 ГГц) і випромінювання живих організмів [9].

Електромагнітна хвиля – це зміна в просторі і в часі електричного і магнітного полів, що поширюється від джерела електромагнітних коливань [10, 11].

Тому для захисту створюються спеціальні матеріали, що забезпечують захисні властивості від дії електромагнітного випромінювання. Такі матеріали можна розділити на три групи: відбиваючі, поглинаючі і комбіновані. Найбільш перспективними є матеріалами, що мають магнітну проникність при низьких частотах [12].

До основних електромагнітним параметрам речовини можна віднести: питомий опір (провідність), діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат, магнітна проникність, які є визначальними при проходженні електромагнітної хвилі через речовину. Від цих параметрів залежить коефіцієнт загасання електромагнітної хвилі [16].

До недоліків існуючих стандартів [17] можна віднести те, що вони розроблялися для промисловості, але не враховують норми опромінення людини в домашніх умовах, істотно збільшені, в зв'язку з використанням великої кількості побутових приладів.

Всі матеріали, з точки зору їх електричних свойст, поділяються на провідники, напівпровідники і діелектрики, і характеризуються такими діапазонами значень питомої електричного опору: провідники –  $10^{-8}$  -  $10^{-5}$  Ом·м, напівпровідники –  $10^{-5}$  -  $10^8$  Ом·м, діелектрики –  $10^8$  -  $10^{16}$  Ом·м.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 26   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Матеріали щодо магнітних характеристик діляться на:

- діамагнетик - речовини з відносною магнітною проникністю менше одиниці і не залежать від напруженості зовнішнього магнітного поля (мідь, цинк, золото та ін.);
- парамагнетики - речовини з відносною магнітною проникністю більше одиниці, що не залежить від напруженості зовнішнього магнітного поля (кисень, алюміній, платина, і ін.)
- ферромагнетики - речовини, у яких відносна магнітна проникність значно більше одиниці і залежить від напруженості зовнішнього магнітного поля (залізо, нікель, кобальт і їхні сплави та ін.). У свою чергу вони поділяються на: магнітотверді матеріали, магнітом'які матеріали для низьких частот і магнітом'які високочастотні ферромагнетики (магнітодіелектрики і ферити) [16 – 22].

За типом фізичних механізмів, що забезпечують захисні властивості від дії електромагнітного випромінювання, всі матеріали можна умовно розділити на три групи: що відображають, поглинають і комбіновані. Найбільш перспективними матеріалами для створення покриттів, що захищають від дії електромагнітного випромінювання, є ферити, внаслідок того, що вони мають невелике значення магнітної проникності при низьких частотах [12].

В даний час відомі будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання - керамічні облицювальні плитки, спеціальні цементи і бетони, композитні матеріали, мають ряд недоліків (є дорогими, складними у виготовленні або не володіють всім комплексом необхідних фізико-хімічних і захисних властивостей).

### **1.7. Технічні вимоги, що висуваються до матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання**

Потужність електромагнітного випромінювання перевищує гранично допустимі норми для нормальної життєдіяльності людини [1]. Нам відомо,

що енергія електромагнітного поля добре поглинається тканинами живого організму, внаслідок чого збільшується тепловиділення тіла і виникають різні морфологічні зміни фізіологічні системи організму.

Під впливом електромагнітних полів порушення в організмі з часом посилюються, але їх можна зменшити або взагалі усунути в разі припинення електромагнітного випромінювання. Конкретно через чутливість біологічних об'єктів до електромагнітних випромінювань дає змогу визначити ефективні засоби захисту та їх значимість [2, 4, 5].

Саме через збільшення числа радіо – і телевізійних станцій, розширенням мережі високовольтних ліній електропередач, швидким зростанням систем мобільного і радіотелефонного зв'язку, радіолокаційних установок, широким впровадженням радіоелектронних пристроїв і тд., і зростає рівень електромагнітного фону.

Після проведеного аналізу джерел ЕМВ та їх розповсюдження встановлено, що суттєвий внесок складає передавальна телевізійна апаратура, потужність якої нараховує десятки кіловат. Рівень ЕМВ в районі розміщення радіостанцій в діапазоні високих частот складає 2 — 60 В/м при гранично допустимому рівні (ГДР) 10 В/м, в діапазоні дуже високих частот — до 12 В/м при ГДР 3 В/м, в діапазоні надвисоких і вкрай високих частот — до 700 мкВт/см<sup>2</sup> при ГДР 10 мкВт/см<sup>2</sup>. Також рівень ЕМВ може збільшитись за рахунок рельєфу місцевості та існуючих будівель.

За допомогою встановлених норм технічних методів захисту досягаються норми рівня електромагнітних випромінювань. В основу більшості технічних методів захисту входить метод екранування та поглинання радіохвиль. При цьому на ділянці надвисоких частот (НВЧ) переважно використовують поглинаючі матеріали, а на високих частотах (ВЧ) — екрануючі матеріали. В зарубіжних країнах (Японії, Німеччині, Великобританії, Росії і інш.) розроблені радіозахисні матеріали (РЗМ), створені на основі мінерального або органічного в'язучого наповненого феритовими добавками. Найбільш ефективними РЗМ є феритові

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 28   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

наповнювачі, але ціна таких конструкцій не з дешевих, за рахунок високої вартості фериту. Вартість РЗМ з використанням порошку метала, вуглецю значно нижча, але і ефективність екранування слабша.

### **1.8. Висновки до розділу**

Отримання радіоекрануючих та радіопоглинаючих матеріалів для захисту від ЕМВ в діапазоні надвисоких і вкрай високих частот є досить важливим питанням. Такі випромінювання чинять шкідливий вплив на рослинний світ і організми людей та тварин, створюють перешкоди при роботі різних радіоелектронних приладів і т.п. Екологічний аспект проблеми забезпечення захисту від електромагнітних випромінювань є досить актуальний та таким, який складно вирішується.

Отже захистом від електромагнітного випромінювання можуть служити зниження напруги і щільності потоку енергії, екранування обладнання і робочих місць, раціональні режими роботи та відпочинку, засоби індивідуального захисту.

Окремі надчастотні установки мають спеціальні окремі та загальні приміщення. В таких приміщеннях як правило повинні бути захисні екрани, але в їх відсутності електромагнітна енергія відбивається від стін і перекриття і проходить крізь них та розсіюється незначною мірою. В залежності від матеріалу стін і перекриття, захисні матеріали мають різні поглинаючі та відбиваючі властивості.

Як видно з результатів аналізу сучасної літератури будь – який з використовуваних в даний час матеріалів для захисту від різних видів випромінювань має свої переваги і недоліки. Найімовірніше, немає універсального матеріалу, що одночасно відповідає вимогам. У зв'язку з вищевикладеним, проблема створення ефективних захисних в'язучих матеріалів нового класу з високими експлуатаційними властивостями є актуальною.

## Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Хімічний склад вихідних сировинних матеріалів

При виготовленні барієвих спеціальних бетонів для захисту від електромагнітного випромінювання до вихідних сировинних матеріалів використовують оксидні сполуки барію та заліза. Для розробки технології одержання захисних бетонів використовували оксид заліза, вуглекислий барій та оксид алюмінію.

Вуглекислий барій технічний, що використовується в виробництві барієвих цементів та бетонів, отримують з таких природних мінералів як барит і вітерит.

Барит  $BaSO_4$  кристалізується в ромбічній сингонії. Колір бариту частіше всього білий або взагалі безбарвний, також може фарбуватися залізом. Щільність бариту  $4480 \text{ кг/м}^3$ , твердість 3 – 3,5. Крихкий. Родовища бариту в Україні відомі у Закарпатській області [13]. Вміст бариту в рудах зазвичай не відповідає вимогам промисловості, тому для підвищення його вмісту руди піддають збагаченню: флотації, гравітаційному або рудо розбиранням з промивкою. В результаті отримують товарний баритовий концентрат.

Оксид барію ( $BaO$ ) — неорганічна бінарна сполука Барію та Оксигену складу  $BaO$ . Представляє собою білі кристали гексагональної або кубічної форм. Активно поглинає воду та вуглекислий газ. Сполука проявляє сильні основні властивості. У природі поширена у мінералах бариті, вітериті, цельзіані, гіалофані. У природі оксид барію зустрічається у вигляді складних силікатів, сульфатів, карбонатів тощо. Основними мінералами, з яких видобувається барій оксид, є барит (65,7%  $BaO$ ), вітерит (77,7%), цельзіан, гіалофан та інші.

Глинозем ( $Al_2O_3$ ) - алюмінійвмісна сировина – безводний оксид алюмінію, що існує в основному в  $\alpha$  -,  $\beta$  -,  $\gamma$  - формах. У природних умовах

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 30   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

зустрічається тільки гексагональна модифікація  $Al_2O_3 - \beta$  – форма, яка існує у вигляді мінералів – корунду, рубіна, сапфіра. Твердість корунду за шкалою Мооса – 9, щільність залежить від наявності домішок і коливається в межах 3980 – 4010 кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 2050 0С [12]. Тригональна модифікація  $Al_2O_3 - \beta$  - форма є умовним позначенням групи алюмінатів, що відрізняються вельми високим вмістом  $Al_2O_3$ . При нагріванні до 1600 – 1700 0С  $\beta$  – глинозем переходить в  $\alpha - Al_2O_3$ .

Для отримання жаростійких цементів застосовують технічний глинозем, що містить не більше 2 мас.% домішок ( $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ , луѓи).

$Fe_2O_3$  (гематит) – має чорний до темно-сталевого колір в кристалах і вишнево – червоний. Сингонія тригональна, (структура корунду). Форми кристалів характерні масивні агрегати лускатої і зернистої структури. Блиск напівметалевий до металевого у кристалів. Непрозорий. Колір риси характерний вишнево – червоний, від синювато – червоного до червоно – коричневого відтінків. Твердість 5,5 – 6,5. Крихкий. Щільність 4,9 – 5,3. Гематит — звичайний мінерал скарнових родовищ.

Відомий також у багатьох гідротермальних родовищах:

- високотемпературних – з магнетитом, хлоритом, кальцитом;
- середньо температурних – із сидеритом, баритом. Залізна руда.

Утворюється в оксидних умовах у родовищах і гірських породах різних генетичних типів. В Україні є в Криворізькому залізорудному басейні.

При збагаченні гематитових руд застосовують комбіновані схеми, що включають гравітаційний і флотаційний методи. Гематит входить до складу залізного обважнювача бурових розчинів.

При дослідженні та отриманні в'язучих матеріалів на основі сполук барію та заліза були використані наступні сировинні матеріали:

- вуглекислий барій технічний (ГОСТ 2149 - 75)
- глинозем марки Г – 00 (ДСТУ – 6912.2 - 93)
- оксид заліза.

Хімічний склад вихідних сировинних сумішей представлений в табл. 2.1

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 31   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



**Хімічний склад вихідних сировинних матеріалів**

| Сировинні матеріали | Склад оксидів, мас. % |                                |                  |                                |                  |       |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|
|                     | BaO                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | R <sub>2</sub> O | ППП   |
| Технічна глинозем   | –                     | 98,46                          | 0,06             | 0,05                           | 0,43             | 1,0   |
| Вуглекислий барій   | 77,10                 | –                              | 0,22             | –                              | 0,20             | 22,48 |
| Оксид заліза        | –                     | –                              | –                | 99,00                          | -                | 1,00  |

Отже описані природні матеріали можна використовувати як вихідні сировинні компоненти для отримання барієвих спеціальних бетонів для захисту від електромагнітного випромінювання.

**2.2. Методи дослідження**

З метою отримання бетону високої міцності, щільності та однорідності, що забезпечують необхідну експлуатаційну надійність виробам, був проведений підбір оптимального гранулометричного складу заповнювача, який надає значний вплив на основні задані параметри для синтезу матеріала.

При проведенні експериментів в якості зв'язки використовувався барійвмісний цемент складу BaFe12O19: BaAl2O4 = 4: 1 в кількості 20 мас. %, Як заповнювач (барит, залізо, оксид заліза (IV)) - певного фракційного складу.

Бетонні зразки розміром 20 × 20 × 20 мм виготовили методом вібрації (В / Т = 0,8). Для визначення оптимального співвідношення розміру зерен суміжних фракцій заповнювача застосовували формулу [27].

Визначення кількісного співвідношення суміжних фракцій заповнювача проводилося за допомогою симплекс-решітчастого методу планування експерименту [23].

Фізико – механічні випробування бетону проводилися відповідно до методики малих зразків М.І. Стрелкова [15].

Дослідження фазового складу продуктів випалу сировинних сумішей здійснювалося із залученням рентгенофазного метода аналізу.

Коефіцієнт масово поглинання гамма – випромінювання визначаємо відповідно формули :

$$I = I_0 e^{-\mu \rho \chi} \quad (2.2.1)$$

де  $I$ ,  $I_0$  – інтенсивність падаючого випромінювання і інтенсивність проходження через матеріал щільністю  $\rho$  та товщиною  $\chi$  ;

$\mu$  – коефіцієнт масового поглинання.

Коефіцієнт масового поглинання постійний для даної речовини і не залежить від його фізичного стану. На підставі табличних даних  $\mu$  простих елементів можна розрахувати  $\mu$  складного речовини за формулою :

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots} \quad (2.2.2)$$

де  $a$ ,  $b$  – атомні маси елементів  $a$ ,  $b$  ...;

$y$  – стехіометричні коефіцієнти у формулі речовини  $a y_1$ ,  $b y_2$ , ...

Можливість підсумовування  $\mu$  простих елементів для розрахунку  $\mu$  складних

речовин пояснюється тим, що гамма-промені, пронизуючи речовину, взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглиннанні не позначаються зовнішні електрони, що беруть участь в хімічних зв'язках.

Дослідження феромагнітних властивостей матеріалу проводили згідно методик авторів [24, 25]. Дослідження властивостей захисних від електромагнітного випромінювання зразків барійвмісного цементу і бетону на його основі проводилися на двохпозиційної установці квазіоптичного типу [26]. В ході випробувань проведено вимірювання коефіцієнта проходження випромінювання по потужності і коефіцієнта відображення.

Коефіцієнт екранування отриманих матеріалів ( $E$ , дБ) розраховувався за формулами:

$$E = A + R, (2.2.3)$$

де  $A$  – коефіцієнт поглинання, дБ;  $R$  – коефіцієнт відображення, дБ.

### 2.3. Висновок до розділу

У такий спосіб, було розглянуто аналіз природних та технічних матеріалів, а також показані методи дослідження дозволяють виконати теоретичні та експериментальні дослідження сполук обраного оптимального перерізу  $BaAl_2O_4$  -  $BaFe_{12}O_{19}$  та розробити склад бетонів спеціального призначення з комплексом заданих експлуатаційних властивостей.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 34   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Розрахунок складу спеціального захисного цементу

Літературний огляд дозволил визначити область, перспективну з погляду отримання спеціальних в'язучих матеріалів спеціального призначення і встановити принципову можливість отримання спеціальних цементів для захисту від електромагнітного випромінювання. Тому представляє інтерес розробка складів цементів та бетонів на їх основі сполук перерізу  $BaAl_2O_4$  -  $BaFe_{12}O_{19}$ , а також і дослідження їх фізико-механічних властивостей. У даній області системи в'язучі властивості проявляє з'єднання  $BaAl_2O_4$ , а високі значення феромагнітних властивостей -  $BaFe_{12}O_{19}$ .

Розрахунок сировинної суміші для отримання бетону наступного фазового складу: 80 мас. %  $BaFe_{12}O_{19}$  та 20 мас. %  $BaAl_2O_4$  здійснювався таким чином:

$$80 \text{ мас. \% } BaFe_{12}O_{19} + 20 \text{ мас. \% } BaAl_2O_4$$

$$M(BaO) = 153,36 \text{ г/моль}$$

$$M(6Fe_2O_3) = 958,2 \text{ г/моль}$$

$$M(Al_2O_3) = 101,96 \text{ г/моль}$$

$$M(BaFe_{12}O_{19}) = 1111,56 \text{ г/моль}$$

$$M(BaAl_2O_4) = 255,32 \text{ г/моль}$$

$$\text{Для } BaFe_{12}O_{19} \left\{ \begin{array}{l} BaO = \frac{M(BaO)}{M(BaFe_{12}O_{19})} \cdot 100 \\ Fe_2O_3 = \frac{M(6Fe_2O_3)}{M(BaFe_{12}O_{19})} \cdot 100 \end{array} \right.$$

$$\text{Для } BaAl_2O_4 \left\{ \begin{array}{l} BaO = \frac{M(BaO)}{M(BaAl_2O_4)} \cdot 100 \\ Al_2O_3 = \frac{M(Al_2O_3)}{M(BaAl_2O_4)} \cdot 100 \end{array} \right.$$

У  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  міститься:

$$\text{BaO} = 13,8 \text{ мас. \%}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 86,2 \text{ мас. \%}$$

У  $\text{BaAl}_2\text{O}_4$  міститься:

$$\text{BaO} = 60,1 \text{ мас. \%}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 39,9 \text{ мас. \%}$$

Оскільки у сировинній суміші міститься  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  85 мас. %

$$\text{BaO} = \frac{13,8 \cdot 80}{100} = 11,636$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{86,2 \cdot 20}{100} = 73,278$$

Оскільки у сировинній суміші міститься  $\text{BaAl}_2\text{O}_4$  15 мас. %

$$\text{BaO} = \frac{60,1 \cdot 20}{100} = 9,015$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{39,9 \cdot 20}{100} = 5,991$$

На 100 г. сировинної суміші потрібно:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 73,278; \text{BaO} = 20,731; \text{Al}_2\text{O}_3 = 5,991$$

На 300г. сировинної суміші потрібно:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 219,81; \text{BaO} = 62,193; \text{Al}_2\text{O}_3 = 17,973$$

В якості вихідних сировинних матеріалів застосовувалися вуглекислий барій технічна, технічна глинозем і оксид заліза марки (табл. 2.1). Для синтезу вихідних бінарних сполук готували суміші шляхом змішування по «мокрому» способу. У лабораторних умовах були синтезовані цементи на основі сполук системи. Помел сировинних компонентів проводився в лабораторній порцелянової млині «мокрим» способом (вологість 50%) до повного проходження через сито № 008. Сушка сировинних сумішей здійснювалася в сушильній шафі при температурі 100 ° С. Температура випалу клінкеру барійвмісних цементів в інтервалі 1150 - 1350 °С з ізотермічної витримкою при максимальній температурі 3 ч. Повнота синтезу сполук контролювалася рентгенофазним методом аналізу.

Хімічний і фазовий склад вихідної сировинної суміші представлений в табл. 3.1

Таблиця 3.1

**Хімічний та фазовий склад цементу**

| № п/п | Фазовий склад, % мас               |                                  | Хімічний склад, % мас |                                |                                |
|-------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|       | BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> | BaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | BaO                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 1     | 85                                 | 15                               | 20,731                | 5,991                          | 73,278                         |

Представлені результати рентгенографічного аналізу показали, що основними фазами отриманого цементу є моноалюмінат і гексаферрит барію.

Як видно з результатів рентгенофазного аналізу (рис. 3.1) основними фазами клінкеру раціонального складу є моноалюмінат ( $d = 0,412; 0,315; 0,2775; 0,2612; 0,1984; 0,159; 0,1465; 0,1382$  нм) і гексаферрит ( $d = 0,384; 0,293; 0,288; 0,241; 0,2202; 0,212; 0,204; 0,165; 0,1617; 0,155$  нм) барію.

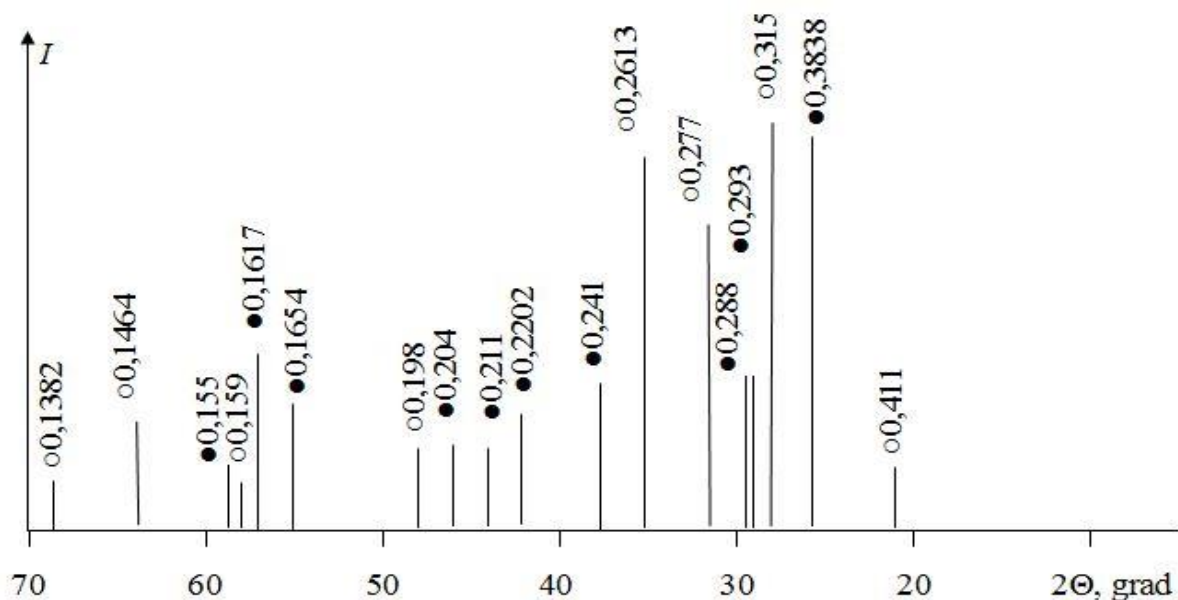


Рис. 3.1 – Результати рентгенографічного аналізу цементу складу 85 % BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> и 15 % BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: ● – BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, ○ – BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |

Комплекс досліджень дозволив вибрати раціональний склад барійвмісного цементу на основі моноалюмінату ( $BaAl_2O_4$ ) і гексаферриту барію ( $BaFe_{12}O_{19}$ ), який можна ефективно використовувати в якості зв'язки при виготовленні спеціальних бетонів і композиційних матеріалів, що володіють захисними властивостями.

Фізико-механічні випробування зразків отриманих барієвих цементів проводилися з використанням методики малих зразків М.І. Стрелкова [15]. Результати випробувань фізико-механічних і технічних властивостей отриманих складів наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

### Фізико-механічних характеристики цементів

| Склад цементу,<br>% мас |             | В/Ц  | Терміни<br>тужавіння, час-хв |        | Межа міцності при стиску,<br>МПа, у віці, доби |      |      |
|-------------------------|-------------|------|------------------------------|--------|--|------|------|
| $BaFe_{12}O_{19}$       | $BaAl_2O_4$ |      | початок                      | кінець | 3  | 7    | 28   |
| 85                      | 15          | 0,12 | 0-45                         | 1-30   | 20,4   | 31,6 | 44,9 |

Найбільш оптимальним для подальших досліджень обраний склад, в якому співвідношення фаз  $BaFe_{12}O_{19}$ :  $BaAl_2O_4$  = 85: 15, так як має найбільш високі фізико-механічні властивості. Обраний барійвмісний цемент з феррімагнітними властивостями, який можна застосовувати в якості зв'язки при виробництві феррімагнітних матеріалів, а також при отриманні композиційних матеріалів по технології неорганічних в'яжучих матеріалів. Застосування розроблених барійвмісних в'яжучих матеріалів на основі алюмінатів та феритів барію дозволить виготовляти вироби з феррімагнітними властивостями складної конфігурації і великих габаритів.

### 3.2. Розрахунок коефіцієнта масового поглинання цементу

Розрахунок коефіцієнта масового поглинання для сполук системи  $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ . Коефіцієнт масового поглинання постійний для даної речовини і не залежить від його фізичного стану. На підставі табличних

даних  $\mu$  простих елементів можна розрахувати  $\mu$  складної речовини по формулі:

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots}, \quad (3.2.1)$$

де  $a, b$  – атомні маси елементів  $A, B$ ;

$y$  – стехіометричні коефіцієнти у формулі речовини  $A y_1, B y_2$ .

Можливість підсумовування  $\mu$  простих елементів для розрахунку  $\mu$  складних речовин пояснюється тим, що гамма – промені, пронизуючи речовину, взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглинання не позначаються зовнішні електрони, що беруть участь в хімічних зв'язках.

Розрахунок коефіцієнту масового поглинання оксидів:

Спочатку розраховуються стехіометричні коефіцієнти для оксидів, які входять до сполук перспективних фаз:

$BaO$  :

$$v(Ba) = \mu(Ba) / \mu(BaO) = 137.36 / 153.36 = 0.9\%$$

$$v(O) = \mu(O) / \mu(BaO) = 16 / 253.36 = 0.1\%$$

$Al_2O_3$  :

$$v(Al_2) = 2 \cdot \mu(Al) / \mu(Al_2O_3) = 54 / 102 = 0.52\%$$

$$v(O_3) = 3 \cdot \mu(O) / \mu(Al_2O_3) = 48 / 102 = 0.47\%$$

$Fe_2O_3$ :

$$v(Fe) = \mu(Fe) / \mu(Fe_2O_3) = 24 / 40 = 0.6\%$$

$$v(O_3) = 3 \cdot \mu(O) / \mu(Fe_2O_3) = 16 / 40 = 0.4\%$$

Потім розраховують коефіцієнт масового поглинання оксидів:

$$1) \mu(BaO) = \mu(Ba) \cdot v(Ba) + \mu(O) \cdot v(O) = 359 \cdot 0.9 + 12.7 \cdot 0.1 = 324.4 \text{ см}^2/\text{г}.$$

$$2) \mu(Al_2O_3) = \mu(Al_2) \cdot v(Al_2) + \mu(O_3) \cdot v(O_3) = 48.7 \cdot 0.52 + 12.7 \cdot 0.47 = 31.293$$

$\text{см}^2/\text{г}.$



3)  $\mu(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \mu(\text{Fe}) \cdot \nu(\text{Fe}_2\text{O}_3) + \mu(\text{O}) \cdot \nu(\text{O}) = 40.6 \cdot 0.6 + 12.7 \cdot 0.4 = 29.44$   
см<sup>2</sup>/г.

Далі по відомим оксидів розраховують коефіцієнту масового поглинання перспективних сполук системи обраного перетину:

Розраховуються стехіометричні коефіцієнти для складних сполук BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> і в'язучими BaAl<sub>12</sub>O<sub>4</sub>, які входять до перспективної фази:

BaAl<sub>12</sub>O<sub>4</sub>:

$$\nu(\text{BaO}) = M(\text{BaO})/M(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 153.36/253 = 0.6\%$$

$$\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = M(\text{Al}_2\text{O}_3)/M(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 100/253 = 0.4\%$$

BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>:

$$\nu(\text{Fe}_2\text{O}_3) = M(\text{Fe}_2\text{O}_3)/M(\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}) = 40/140 = 0.022\%$$

$$\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = M(\text{Al}_2\text{O}_3)/M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 100/140 = 0.7\%$$

Розрахунок коефіцієнту масового поглинання перспективних фаз:

$$1) \mu(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = \mu(\text{BaO}) \cdot \nu(\text{BaO}) + \mu(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \nu(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

$$\mu(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 324.4 \cdot 0.6 + 31.293 \cdot 0.4 = 207.15 \text{ см}^2/\text{г};$$

$$2) \mu(\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}) = \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot \nu(\text{Fe}_2\text{O}_3) + \mu(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \nu(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

$$\mu(\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}) = 31.293 \cdot 0.7 + 29.44 \cdot 0.2 = 22.4 \text{ см}^2/\text{г};$$

Коефіцієнт масового поглинання для обраного складу BaAl<sub>12</sub>O<sub>4</sub> – 80 мас.%, BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>- 20 мас.%, за загальною формулою:

$$\mu = \mu(\text{BaO})_n \cdot \nu(\text{BaO})_n + \mu(\text{Al}_2\text{O}_3)_n \cdot \nu(\text{Al}_2\text{O}_3)_n + \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n \cdot \nu(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n;$$

$$\mu = 207.15 \cdot 0.4 + 275.32 \cdot 0.1 + 11.2 \cdot 0.5 = 163.022 \text{ см}^2/\text{г};$$

Розраховано коефіцієнт масового поглинання на підставі табличних даних  $\mu$  простих елементів та розрахованих  $\mu$  складних речовин для перспективного складу.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 40   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.3. Розробка та оптимізація складу спеціального бетону

З метою отримання бетону високої міцності, щільності та однорідності, що забезпечують необхідну експлуатаційну надійність виробам, був проведений підбір оптимального гранулометричного складу заповнювача, який надає значний вплив на основні задані параметри для синтезу матеріала.

Як заповнювачі для бетонів може бути застосований широкий спектр матеріалів. Вибір заповнювача визначається вимогами щодо бетону. Разом із звичайними мінеральними заповнювачами застосовують серпентиніт, який використовують у вигляді засипки. Як заповнювачі для захисних бетонів використовуються ефективні природні матеріали, а саме, борвмісні, лімонітові, магнетитові, серпентинітові, баритові, що дозволяє підвищити густину звичайного бетону до 3000 кг/м<sup>3</sup> і збільшити вміст хімічно зв'язаної води до 20 мас. % .

При проведенні експериментів в якості зв'язки використовувався барійвмісний цемент складу  $\text{BaFe}_2\text{O}_9 : \text{BaAl}_2\text{O}_4 = 4:1$  в кількості 20 мас. %, Як заповнювач (барит, залізо, оксид заліза (IV)) - певного фракційного складу.

Бетонні зразки розміром  $20 \times 20 \times 20$  мм виготовили методом вібрації ( $V/T = 0,8$ ). Для визначення оптимального співвідношення розміру зерен суміжних фракцій заповнювача застосовували формулу [19].

Визначення кількісного співвідношення суміжних фракцій заповнювача проводилося за допомогою симплекс-гатчастого методу планування експерименту.

Із залученням симплекс-гатчастого методу планування експерименту, розробленого М. Шеффе [23], спрогнозовані основні властивості барійвмісних цементів на основі сполук барію. На основі експериментальних даних виведені рівняння регресії залежності основних властивостей барійвмісних цементів, а саме: межа міцності при стиску у віці 28 діб тверднення ( $R_{ст.}$ ) від кількісного співвідношення фракцій заповнювача і

побудовані симплекс-діаграми «склад – властивість» (рис. 3.2). Для опису залежності властивостей бетону від кількісного співвідношення фракцій заповнювача використовували поліном неповного третього порядку.

Матриця планування експерименту і результати випробувань фізико-механічних властивостей бетонів наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

### Матриця планування експерименту

| Коефіцієнт полінома | Позначення і фізичний зміст факторів |                   |                   |                                     |                  |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
|                     | $x_1$                                | $x_2$             | $x_3$             | $y_0$                               | $y_n$            |
|                     | фракції заповнювача, мас. частка     |                   |                   | експериментальні дані               |                  |
|                     | 1,0 – 0,6<br>мм                      | 0,6 – 0,315<br>мм | менше<br>0,315 мм | межа міцності при<br>стисненні, МПа | пористість,<br>% |
| $\eta_1$            | 1                                    | 0                 | 0                 | 37,8                                | 23,00            |
| $\eta_2$            | 0                                    | 1                 | 0                 | 46,4                                | 19,70            |
| $\eta_3$            | 0                                    | 0                 | 1                 | 49,2                                | 19,45            |
| $\eta_{12}$         | 0,5                                  | 0,5               | 0                 | 42,2                                | 22,30            |
| $\eta_{13}$         | 0,5                                  | 0                 | 0,5               | 50,6                                | 19,20            |
| $\eta_{23}$         | 0                                    | 0,5               | 0,5               | 52,7                                | 17,25            |
| $\eta_{123}$        | 0,33                                 | 0,33              | 0,33              | 51,8                                | 18,20            |
| контрольна точка    | 0,5                                  | 0,3               | 0,2               | 50,2                                | 17,90            |

Рівняння залежності має вигляд:

$$y_{\sigma} = 31,7 \cdot x_1 + 46,4 \cdot x_2 + 49,2 \cdot x_3 + 0,4 \cdot x_1 x_2 + 28,4 \cdot x_1 x_3 + 19,6 \cdot x_2 x_3 + 52,8 \cdot x_1 x_2 x_3$$

$$y_n = 23 \cdot x_1 + 19,7 \cdot x_2 + 19,45 \cdot x_3 + 3,8 \cdot x_1 x_2 - 8,1 \cdot x_1 x_3 - 9,3 \cdot x_2 x_3 - 27,15 \cdot x_1 x_2 x_3$$

У результаті виконаних експериментальних досліджень і математичної обробки результатів побудована симплекс – діаграма залежності механічної міцності та фракцій заповнювача, представлена на рис. 3.2.

Виявлена оптимальна область співвідношення суміжних фракцій заповнювача і встановлено, що для отримання захисного бетону високої міцності, до його складу повинен входити трифракційний заповнювач в наступному кількісному співвідношенні суміжних фракцій: BaSO<sub>4</sub> – 75 мас. %; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – 15 мас. %; Fe – 10 мас. %.

Подальші дослідження бетонів проводилися з урахуванням оптимального складу заповнювача.

$$238.84*x+324*y+223.80*z-4.28*x*y$$

|                |
|----------------|
| LEVEL # 1: 240 |
| LEVEL # 2: 260 |
| LEVEL # 3: 280 |
| LEVEL # 4: 300 |
| LEVEL # 5: 320 |

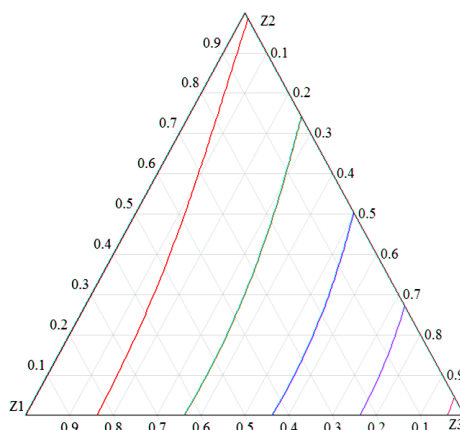


Рис. 3.2 – Діаграма залежності коефіцієнту екранування ЕМВ бетону від складу заповнювача

Для визначення залежності механічної міцності бетонів від методів формування виготовлялися зразки розміром 40 · 40 · 40 мм на основі розробленого барійсодержащего цементу з феромагнітними властивостями і заповнювач заданого складу. Отримані результати представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

#### Залежність механічної міцності бетонів від методів формування

| Метод формування  | В / т | Межа міцності при стисненні, МПа, у віці, добу |      |
|-------------------|-------|--|------|
|                   |       | 7  | 28   |
| Вібрація          | 0,085 | 52,3   | 52,0 |
| Ручне трамбування | 0,100 | 47,5   | 47,7 |

З наведених результатів випливає, що зі збільшенням цементу в складі бетонної суміші міцність затверділого бетону зростає. Це свідчить про те, що вводиться цемент бере активну участь не тільки у формуванні міцності бетону, але і призводить до зниження пористості.

### 3.4. Фізико-технічні властивості розробленого спеціального бетону

До основних електромагнітних параметрів речовини можна віднести: питомий опір (провідність), діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат, магнітна проникність, які є визначальними при проходженні електромагнітної хвилі через речовину. Від цих параметрів залежить коефіцієнт загасання електромагнітної хвилі [22].

Проведені випробування отриманих бетонів. Для вимірювання фізико-технічних властивостей були виготовлені зразки бетонів у вигляді паралелепіпедів розміром  $52 \times 52 \times (9-18)$  мм, а для вимірювання міцності виготовлялися зразки у вигляді кубів розміром  $20 \times 20 \times 20$  мм. Як цементу використовували розроблений барійсодержащий цемент з феромагнітними властивостями та заповнювач розрахованого складу.

Сировинну суміш готували на 3 кг з вуглекислого барію (0,44, кг), оксиду заліза (2,5 кг) і глинозему (0,06 кг). Співвідношення компонентів в бетонної суміші - цемент: заповнювач = 1: 4. Результати випробувань бетонних зразків наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

#### Фізико-технічні властивості розроблених спеціальних бетонів

| № п/п | Показники                         | Спеціальний бетон | Феромагнітна кераміка |
|-------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1     | Міцність, МПа                     | 54                | 45                    |
| 2     | Залишкова індукція, Тл            | 0,21              | 0,28                  |
| 3     | Питомий електричний опір,<br>Ом·м | $1,5 \cdot 10^5$  | $1,3 \cdot 10^5$      |
| 4     | Температура Кюрі, °С              | 465               | 320                   |

В результаті проведених випробувань встановлено, що склади бетону володіють високими показниками міцності (48-50 МПа), в порівнянні з керамікою, та повністю задовольняють по феромагнітним характеристикам.

### **3.5. Дослідження властивостей бетону захисних від електромагнітного випромінювання**

Дослідження властивостей захисних від електромагнітного випромінювання зразків барійвмісного цементу і бетону на його основі проводилися на двохпозиційної установці квазіоптичного типу [27].

В ході досліджень вимірювалася коефіцієнт екрануванняпроходження по потужності та коефіцієнта відображення на частотах 80 - 100 кГц. Коефіцієнт поглинання електромагнітної хвилі розраховується за формулою:

$$A = 1 + (R + T), \quad (3.5.1)$$

де А - коефіцієнт поглинання, дБ;

Р - коефіцієнт відбиття, дБ;

Т - коефіцієнт проходження, дБ.

Коефіцієнт екранування електромагнітної хвилі (Е, дБ) розраховується за такою формулою (2):

$$E = A + R \quad (3.5.2)$$

Результати випробувань бетонних зразків наведені в табл. 3.6.

Результати вимірювання на відстані 1 м від стіни для частотного діапазону 80 - 100 кГц показали, що початкові показники напруженості поля склали 0,4 - 0,9 В / м, а після застосування бетону знизилися до 0,07 - 0,15 В / м .

**Порівняльна характеристика коефіцієнту екранування отриманих матеріалів, дБ**

| №, п/п | Зразки  | Товщина зразку, мм | Частота випромінювання, кГц |       |       |       |       |       |
|--------|---|--------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |   |                    | 80                          | 84    | 88    | 92    | 96    | 100   |
| 1      | Розроблений бетон   | 10                 | 21,23                       | 23,82 | 23,82 | 24,25 | 24,87 | 25,28 |
| 2      | Керамічна плитка для захисту від електромагнітного випромінювання | 10                 | 16,45                       | 17,08 | 17,33 | 18,15 | 18,53 | 18,91 |

Результати вимірювання на відстані 1 м від стіни для частотного діапазону 80 - 100 кГц показали, що початкові показники напруженості поля склали 0,4 - 0,9 В / м, а після застосування бетону знизилися до 0,07 - 0,15 В / м .

Як видно з досліджень, зі збільшенням товщини шару розробленого матеріалу коефіцієнт екранування збільшується. Згідно представлених результатів розроблений матеріал має високі показники коефіцієнта екранування по порівнянню з існуючої керамічною плиткою, що говорить про його конкутоспроможності.

На рис. 3.3 представлені результати дослідження коефіцієнта екранування розроблених матеріалів в порівнянні з керамічної плиткою для захисту від електромагнітного випромінювання.

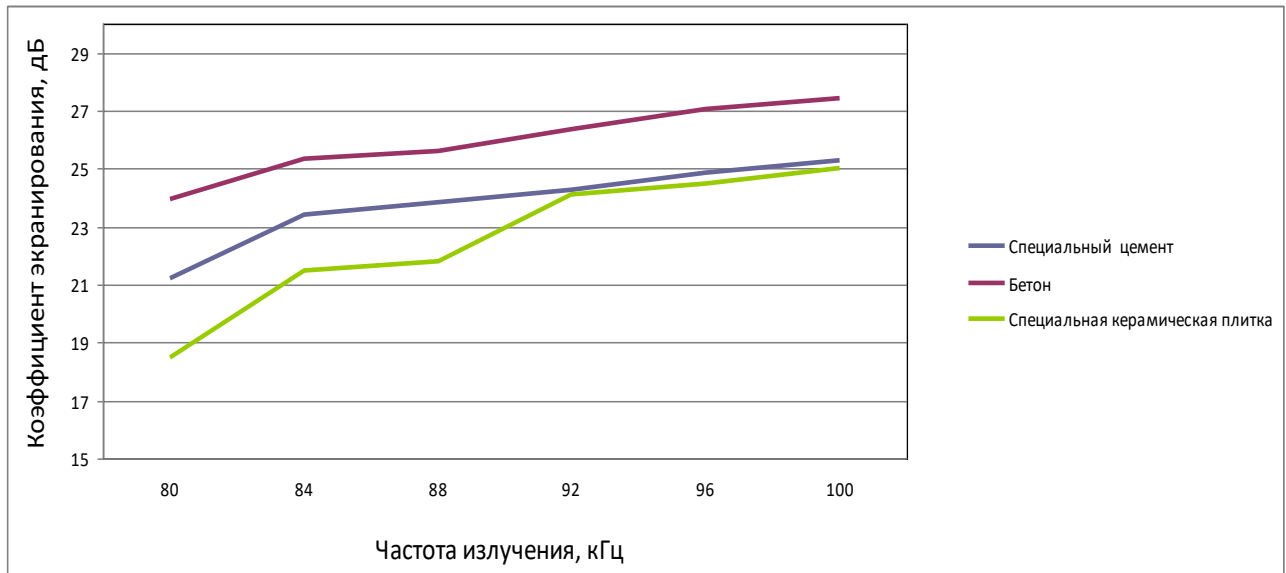


Рис. 3.3 – Порівняльна характеристика коефіцієнта екранування матеріалів від частоти випромінювання

Отриманий матеріал на основі розробленого цементу і гексафериту барію дозволив знизити напруженість електромагнітного через одержанні в частотному діапазоні від 80 кГц до 100 кГц в середньому майже в 10 разів. В результаті цього, досягнуто суттєве зниження рівня електромагнітного поля в приміщенні.

### 3.6. Висновки до розділу

Застосування розроблених барійвмісних матеріалів дозволить істотно спростити конструкцію захисних споруд і підвищити ступінь захищеності електрообладнання від негативного впливу електромагнітного випромінювання на обслуговуючий персонал і різні системи управління, зв'язку, моніторингу, життєзабезпечення.

Виявлена оптимальна область співвідношення суміжних фракцій заповнювача і встановлено, що для отримання захисного бетону високої міцності, до його складу повинен входити трифракційний заповнювач в наступному кількісному співвідношенні суміжних фракцій: BaSO<sub>4</sub>–75 мас. %; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>–15 мас. %; Fe–10 мас. %.



Отриманий цемент застосований в складі бетону дозволить на порядок знизити напруженість електромагнітного випромінювання в частотному діапазоні від 80 кГц до 100 кГц, в середньому майже в 10 разів. В результаті комплексних будівельних рішень може бути досягнуто суттєве зниження рівня електромагнітного поля не тільки в захисній споруді, але і в окремих приміщеннях.

Розраховано коефіцієнт масового поглинання на підставі табличних даних  $\mu$  простих елементів та розрахованих  $\mu$  складних речовин для перспективного складу - 238,2 см<sup>2</sup>/г. Згідно представлених результатів дослідження фізико-механічних властивостей, отримані цементи являються високоміцними - до 54 МПа; з питомим електричним опір -  $1,5 \cdot 10^5$ , Ом·м; температура Кюрі - 465 °С; залишковою індукцією - 0,21 Тл.

Таким чином, запропоновані склади цементних композиції можуть бути використані для розробки нових різновидів композиційних будівельних матеріалів спеціального призначення, що може знайти своє застосування для виготовлення виробів щільної структури у якості радіозахисних екранів. Використання розроблених матеріалів дозволить знизити вартість виготовлення захисних радіоекрануючих виробів, скоротити кошторисні витрати на влаштування таких екранів.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 48   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Законодавство з охорони праці. Загальні положення

Охорона праці в Україні є одним із найважливіших соціально економічних завдань. Вона передбачає систему правових, технічних, економічних, санітарно - гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення здорових і безпечних умов праці.

Праця це важлива соціально - економічна категорія, що розглядаються як доцільна діяльність людини, яка спрямована на видозміну й пристосування предметів природи для задоволення потреб людини. У процесі праці людина цілеспрямовано взаємодіє виробничим середовищем, яке, в свою чергу, розглядається як соціальне явище, але включає, крім того, речові елементи технічного й природного характеру (інструменти, устаткування, будівлі й споруди, повітря, температуру в робочих приміщеннях та ін.) і спеціальні елементи, що формуються внаслідок сукупної дії виробничих сил і відносин.

Охорона праці досліджує трудовий процес з позиції забезпечення життя та здоров'я трудящих.

У процесі праці людина підлягає діям багатьох виробничих чинників, різноманітних за своїм походженням, формами прояву, характеру дії та ін. У низці випадків ця дія може бути несприятливою. Така ситуація виникає тоді, коли система « Людина - виробниче середовище » незбалансована, кількісні характеристики виробничих чинників відхиляються від нормованого рівня й не відповідають нормальному функціонуванню людини у виробничому середовищі.

Конституція України гарантує піклування про поліпшення умов з охорони праці, закріплює за громадянами України право на охорону здоров'я.

У новій Конституції незалежної України відмічається, що кожен має право на працю, а також має право на належні, безпечні здорові умови праці.

У статті 45 Конституції України громадянам надається право на відпочинок. Це право гарантується наданням щотижневого відпочинку, а також оплачуваної щорічної відпустки, встановленням робочого дня щодо окремих професій та виробництв, скорочення тривалості роботи в нічний час. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права гарантуються законом.

Закон України «Про охорону праці» затверджений 21 листопада 2002 року за № 229-IV, який містить 44 статті. У законі визначаються основні напрямки щодо реалізації конституційних прав громадян про охорону їхнього життя та здоров'я в процесі трудової діяльності [1].

Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення по охороні праці і регулює взаємини між працівниками і адміністрацією .

Розглянемо питання охорони праці на прикладі хімічної лабораторії, в якій проводилися досліди та експерименти даної дипломної роботи. Всі речовини, які використовувалися в дипломній роботі відповідають 3 - 4 класу небезпеки (наведені в таблиці 4.2).

#### **4.2. Характеристика умов праці**

Технологічні процеси виробництв та дослідження в хімічних лабораторіях часто виявляються вибухо- та пожежезабезпеченими, протікають під високими температурами та тиском, речовини та супутні

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 50   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

продукти, попадаючи в робочу зону, можуть бути шкідливими та високотоксичними. Тому необхідно виконати аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при реалізації технологічного процесу або при проведенні експериментальних досліджень, визначити та обґрунтувати міри та прилади для захисту персоналу, що забезпечують безпечні та нешкідливі умови та високу продуктивність праці.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні експериментальних досліджень наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

**Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників та їх джерела**

| Небезпечний (шкідливий) виробничий чинник<br>ГОСТ 12.0.003-74*[36]                  | Нормативно-технічний документ, що регламентує вимоги безпеки | Джерело виникнення                   |
|---|--|--------------------------------------|
| 1   | 2  | 3                                    |
| Висока електрична напруга (220, 380 В)  | ПУЕ-87 [28]<br>ГОСТ 12.1.030-81* [41]                        | Щит управління, млин, сушиль-на шафа |
| Запиленість   | ГОСТ 12.1.005-88 [30]  | Завантаження млинів                  |
| Шум   | ГОСТ 12.1.003-2014* [38]<br>ДСН 3.3.6.037-99 [33]            | Кульовий млин, вентиляція            |
| Вібрація  | ДСН 3.3.6.039-99 [32]  | Кульовий млин, вентиляція            |
| Несприятливий мікроклімат (підвищена температура поверхні обладнання та матеріалів) | ГОСТ 12.1.005-88 [40]  | Сушильна шафа, криптолова піч        |
| Статична електрика  | ГОСТ 12.1.018-93 [34]  | Млини, підготовлення мас             |

Токсикологічна характеристика речовин та матеріалів при проведенні експериментальних досліджень наведена в таблиці 4.2. Характеристика

пожежовибухонебезпечних властивостей речовин не наведена тому, що горючі речовини та матеріали не застосовуються.

Таблиця 4.2

### Характеристика речовин та матеріалів

| Найменування речовини (матеріалу, продукту)  | Клас небезпечності ГОСТ 12.1.00 [32] | ГДК у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup> ГОСТ 12.1.005-88 [29] | Характер дії речовини на організм людини  | Перша допомога, заходи безпеки  |
|--|--------------------------------------|---|---|---|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(глинозем) | 4                                    | 6   | Алюмініоз, поразка легень, подразнення верхніх дихальних шляхів, катаракти ВДШ, пневмосклероз неврит слухового нерву, подразнення очей та шкіри | Протипилеві респіратори ШБ-1, „Пелюстка”, захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції.  |
| BaCO <sub>3</sub>                            | 4                                    | 6   | Силікоз, поразка легень, подразнення верхніх дихальних шляхів, пневмосклероз, катаракти ВДШ, подразнення очей та шкіри                          | Протипилові респіратори ШБ – 1, захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції. При контакті з очима: промити великою кількістю вод. При попаданні на шкіру: негайно зняти увесь забруднений одяг. промити шкіру водою / прийняти душ. |

|                                |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3 | 3 | Оксидзаліза роздратовує слизисту оболонку, викликає опіки очей, на шкірі стовщення та з'язвлення. | Протигаз марки БКФ, респіратори типу «Айстра», «Пелюсток», захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції. Після роботи бажано прийняти душ. |
|--------------------------------|---|---|---|---|

Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин не наведена тому, що горючі речовини та матеріали не застосовуються.

Згідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [31], приміщення лабораторії по вибухопожежній та пожежній небезпеці відноситься до категорії В. Ступінь вогнестійкості лабораторії, згідно до ДБН В.1.1-7:2016 [29] – III. Клас зон, згідно НПАОП 40.1-1.32-01 [30], – П-II, П-IIIa. Згідно ПУЕ-87 [32], приміщення лабораторії за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою, так як є можливість одночасного доторкання до металоконструкцій, що мають з'єднання з землею, з технологічним апаратом і т. д., з одного боку, та до неметалічного корпусу електрообладнання, з другого боку. Термічне відділення відноситься до особливо небезпечних, так як крім вище сказаного фактору температура повітря в приміщенні підвищена.

Площа і об'єм дорівнює відповідно 5 м<sup>2</sup> і 17,5 м<sup>3</sup> на чоловіка, що відповідає санітарним нормам : S >4,5 м<sup>2</sup>, V=15 м<sup>3</sup>/чол., згідно ДСП 173-96 [36].

### 4.3. Метеорологічні умови

Метеорологічні умови повинні бути вибрані відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 [37] та ДСН 3.3.6.042-99 [33] з врахуванням категорії робіт по енерговитратам при виконанні експериментальних досліджень та пори року. Дані приведені у вигляді табл. 4.3.

Таблиця 4.3

#### Допустимі та оптимальні параметри метеорологічних умов

| Категорія робіт по енергозатратам | Період року | Температура, °С |            | Відносна вологість, %, не більше |            | Швидкість руху повітря, м/с, не більше |            |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------------------------|------------|--|------------|
|                                   |             | допустима       | оптимальна | допустима                        | оптимальна | допустима                              | оптимальна |
| Середньої важкості, Пб            | холодний    | 15-21           | 18-20      | 75                               | 40-60      | 0,4                                    | 0,2        |
|                                   | теплий      | 16-27           | 21-23      | 65, при 26°С                     | 40-60      | 0,2-0,5                                | 0,3        |

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату в лабораторії передбачені наступні заходи:

- герметизація обладнання (кульовий млин, гідравлічний прес);
- теплоізоляція печі;

Характеристика виробничого освітлення приведена в табл. 4.4 (ДБН В.2.5-28:2018 [35]).

Таблиця 4.4

#### Характеристика виробничого освітлення

| Характеристика зорової роботи | Розряд і підрозряд зорової роботи | Характеристика фону | Контраст між об'єктом і фоном | Природне освітлення  |           | Штучне освітлення        |                | Джерело світла і типи світильників                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|--------------------------|----------------|---|
|                               |                                   |                     |                               | вид                  | $e_n$ , % | вид                      | $E_{min}$ , лк |   |
| Середньої точності            | IVг                               | Світлий             | Великий                       | Бокове, одностороннє | 1,5       | Загальне або комбіноване | 150<br>300     | Люмінесцентна лампа ЛД 40 - 4, світильник ЛСП 01 2*40 |

Так як приміщення лабораторії знаходиться у IV поясі світлового клімату, то

$$e_{IV} = e_n \cdot m \cdot N,$$

де  $m$  – коефіцієнт світового клімату. Дорівнює 0,9 (вікна на рівні);

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом (табл. 4. 4)

$$e_2 = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \%$$

У приміщенні передбачене застосування природної і штучної вентиляції – загальнообмінна приточно-витяжна і місцева витяжна вентиляція. У якості місцевої витяжної вентиляції передбачені витяжні шафи.

Вентиляційна установка розташована в коридорі біля лабораторії. Вона здійснює видалення виробничої шкідливості від технологічного обладнання лабораторії.

У приміщенні лабораторії центральне водяне опалювання. Метеорологічні умови відповідають санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [35].

У лабораторії встановлене технологічне обладнання, що не викликає при експлуатації механічних коливань і принцип роботи якого заснований на ненаголошених процесах. Шумовий фон і вібрації відповідають санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.039-99 [32].

Характер водопроводу: об'єднаний (виробничий, пожежний, господарчо-побутовий). Джерела постачання води – міський водопровід. Вид каналізації – об'єднана (господарчо-побутова, виробнича).

#### 4.4.Електробезпека

При виконанні НДР було використане наступне обладнання: піч МП-2У, сушильна шафа, кульовий млин, прес гідравлічний.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 55   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



При роботі на млинових станках застосовуються переносні сіточні захисні огорожі. У робочій зоні преса знаходиться захисний щиток. Як захист також використовується кінцевий автоматичний вимикач регулювальника тиску, який при перевищенні максимального навантаження автоматично відключає подачу енергії.

У лабораторіях застосовуються сушильні шафи, млинові станки, печі. Характеристика споживаної електроенергії: струм змінний, частотою 50 Гц, напруга 380, 220 В, режим нейтрал мереж – з ізольованою нейтраллю. Приміщення лабораторії, згідно ПУЕ – 87 [28] по мірі небезпеки поразки людей електричним струмом, відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою, так як можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі корпусів і механізмів. Термічне віддалення – до особливо небезпечних, так як крім вищезазначеного фактора, температура повітря в приміщенні підвищена. Характеристики споживаної електроенергії джерела електротравматизму приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

**Характеристика споживаної електроенергії джерела електротравматизму**

| Джерело травматизму | Напруга, В | Род струму | Частота, Гц | Схема мережі                            |
|---------------------|------------|------------|-------------|---|
| Піч МП-2У           | 220        | Змінний    | 50          | Мережа трьохфазна ізольованою нейтраллю |
| Сушильна шафа       | 220        | Змінний    | 50          |   |

Заходи, щодо захисту працюючих в лабораторії від поразки електричним струмом:

- 1) занулення (сушильна шафа, піч МП-2У);
- 2) ізоляція токоведучих частин, контроль, захисне заземлення печі;
- 3) застосування малих напруг (до 12, 36 В);
- 4) охолодження млинових станків;

- 5) у приміщенні не дозволяється захарашувати проходи до обладнання, електроустановок сторонніми предметами;
- 6) автоматичне відключення (магнітний пускатель);
- 7) електрозахисні заходи: ізолюючі підставки, гумові діелектричні рукавички, гумові килими.

#### **4.5. Захист від електромагнітних випромінювань**

Електромагнітні поля особливо негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання. В діапазоні промислових частот більше негативний вплив на біологічний об'єкт має електрична складоваполя.

Внаслідок дії випромінювань на живий організм виникає поява оборотних чи необоротних процесів, що призводять до складних біологічних наслідків. Ці наслідки в першу чергу залежать від дози опромінення, тривалості дії та біологічних особливостей організму. Наприклад виникають порушення роботи нервової системи, пошкодження кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи.

Щоб знизити вплив електромагнітних полів на людей і населення, це в області радіоелектронних засобів, необхідно прийняти деякі захисні заходи :

- зменшення випромінювання від джерела;
- екранування джерела випромінювання до робочого місця;
- встановлення санітарно-захисної зони;
- поглинання чи зменшення утворення зарядів статичної електрики;
- усунення зарядів статичної електрики;
- застосування засобів індивідуального захисту.

Вже на стадії проектування необхідно забезпечити, щоб опромінюються і опромінюються об'єкти були розташовані таким чином, щоб мінімізувати інтенсивність опромінення. Тому для цього почали використовувати захисні екрани.

Існують відбиваючі та поглинаючі екрани. Відбиваючі виготовляють з металів з низьким електроопором (мідь, латунь, алюміній). Вони можуть бути суцільні і сітчасті. Більш ефективними є екрани, виготовлені з дротяної сітки або з тонкої алюмінієвої, латунною [42, 43]. Екрани з металевої сітки мають вигляд навісів, козирків застосовують для захисту від випромінювань промислової частоти. Радіоекрануючими властивостями володіють практично всі будівельні матеріали. Екрани повинні бути заземлені для забезпечення стікання на землю поглинутих зарядів.

Поглинаючі екрани створюють з радіо-поглинаючих матеріалів: гумових килимків, волокнистої деревини, феромагнітними пластини. Прикладом таких екранів служать ліси та лісозахисні смуги.

#### **4.6. Режим особистої безпеки**

Кошти індивідуального захисту видаються відповідно до норм згідно ГОСТ 12.4.011-89 [39]. Для працівників лабораторії необхідні заходи індивідуального захисту: спецодяг (халат), разові рукавички, респіратор типу ШБ-1 "Пелюстка", взуття, захисні окуляри.

При надходженні на роботу згідно НПАОП 0.00-4.12-2005 [38] проводиться ввідний інструктаж у відділі охорони праці університету, інженером з охорони праці. У лабораторії первинний інструктаж проводиться керівником робіт, повторний раз в півроку. Інструктаж проводиться з метою підвищення знань норм правил з охорони праці. Позаплановий інструктаж проводиться в тому випадку, якщо в лабораторії стався нещасний випадок або встановлюється нове обладнання або використовуються нові способи отримання виробів або нові сировинні матеріали.

До пільг, що отримуються працівниками лабораторії в зв'язку з шкідливістю роботи, відносяться надбавки до зарплати (до 10%), спецхарчування (молоко), медичне обслуговування.

Висновок: приведені вище заходи дозволяють забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці у лабораторії при проведенні дипломної роботи.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         | 59   |

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень встановлена принципова можливість отримання на основі сполук барію заліза та алюмінію захисних, високоміцних бетонів спеціального призначення, що дозволить використовувати їх в якості нових різновидів композиційних будівельних матеріалів спеціального призначення, що може знайти своє застосування для виготовлення виробів щільної структури у якості радіозахисних екранів. Комплекс досліджень дозволив вибрати раціональний склад барійвмісного цементу на основі моноалюмінату ( $\text{BaAl}_2\text{O}_4$ ) і гексаферриту барію ( $\text{BaFe}_2\text{O}_9$ ), який можна ефективно використовувати в якості зв'язки при виготовленні спеціальних бетонів і композиційних матеріалів, що володіють захисними властивостями від дії електромагнітного випромінювання.

Найбільш перспективним, з погляду підвищених захисних від електромагнітного випромінювання та експлуатаційних властивостей є бетон складу заповнювача в наступному кількісному співвідношенні суміжних фракцій:  $\text{BaSO}_4$ –75 мас. %;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ –15 мас. %; Fe–10 мас. %; з фізико-механічними характеристиками: міцністю - до 54 МПа; коефіцієнтом масового поглинання для перспективного складу - 238,2 см<sup>2</sup>/г; з питомим електричним опором -  $1,5 \cdot 10^5$ , Ом·м; температура Кюрі - 465 °С; залишковою індукцією - 0,21 Тл.

Таким чином, за результатами досліджень отримані матеріали, на основі барійвмісного цементу, мають високі показники екранування електромагнітного випромінювання в діапазоні частот 80 - 100 кГц і міцності (48-50 МПа). Що дозволяє рекомендувати дані будівельні матеріали для захисту біологічних і технічних об'єктів від впливу електромагнітного випромінювання і підвищення стійкості таких об'єктів при впливі вражаючих факторів. Крім того, за технологіям можуть виготовлятися вироби складного фасону і різних габаритів для захисту від ЕМВ в різних областях промисловості.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 60   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №476 від 18.12.2002 р. «Про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів». Режим доступу: <http://kodeksy.com.ua/>
2. Хван, Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности: Изд. 5-е, перераб. и доп. Ростов н/Д.: Феникс, 2005. 414 с.
3. Сердюк В.Р., Христинич О.В., Лемешев М.С. Бетони з підвищеними радіаційно-захисними властивостями – Вінниця: ВНТУ, 2020.
4. Г.В. Лисачук Розробка композиційних покриттів по кераміці, екранируючих електромагнітні випромінювання. Вестник науки и техники. 2005. № 4 (23). С. 54-59.
5. Костыркин, О.В., Иващенко М.Ю., Костенко М.О. Теоретические аспекты создания материалов для защиты от электромагнитных излучений Зб. наук. праць. УкрДАЗТ . 2011. Вип. 127. С. 15-17.
6. Торопов Н.А., Галахов Ф.Я Диаграмма состояния системы ВаО-Аl2O3. ДАН СССР. 1952. Т. 82, № 1. С. 69-70.
7. Безопасность жизнедеятельности. Ч.1. Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте: учебник для вузов ж.-д. транспорта/ Кузнецов К.Б., и др; Под ред. К.Б. Кузнецова. М.: Маршрут, 2005. 576 с.
8. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Экранирующие устройства для защиты от электрических полей промышленной частоты”.
9. Джек Спенсер, “Вразливість Америки до різної ядерної загрози: Електромагнітний імпульс” Фонд спадщини, No.1372, 26.05.2000, ст.3.
10. Процедура впровадження методу штучного осадження Радіоактивні речовини з атмосфери. / Кустов М., Слепужников Є., Липовой В., Хмиров І., Дадашов Ілгар Фірдовсі, Бускін О. // Ядерна та радіаційна безпека. 2019 р. Проблема 3 (83). ст. 13-25.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 61   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

11. Kenneth R. Timmerman, "U.S. Threatened with EMP Attack," Insight on the News, May 28, 2001, [http://www.insightmag.com/news/2001/05/28/InvestigativeReport/U.S.Threatened.With.Emp.Attack-210973.shtml].

12. Чернякова К.В., Паньков В.В., Ивановская М.И., Ломоносов В.А. Структура и магнитные свойства гексагонального феррита бария. *Вестник БГУ*. 2008. № 1. (Серия 2: Химия). С. 9 – 13.

13. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. М.: Высшая школа, 1963. 560 с.

14. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе: монография. Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. 280 с.

15. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии и вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. 504 с.

16. Jack Spencer, "America's Vulnerability to a Different Nuclear Threat: An Electromagnetic Pulse," The Heritage Foundation Backgrounder, No. 1372, May 26, 2000, p. 3.

17. Procedure for Implementation of the Method of Artificial Deposition of Radioactive Substances from the Atmosphere. / Kustov M., Slepuzhnikov E., Lipovoy V., Khmyrov I., Dadashov Ilgar Firdovsi, Buskin O. // Nuclear and Radiation Safety. 2019. Issue 3 (83). P. 13-25.

18. Max Singer. Passive Defense Against Nuclear Weapons *Facing Up to What People Wish Was Unthinkable*. Herzila Conference, Feb. 4, 2009.

19. Барийсодержащие тугоплавкие материалы специального назначения: монография. / Г.Н. Шабанова, С.М. Логвинков, А.Н. Корогодская, Е.В. Христинич, М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин. – Х.: ФЛП Бровина А.В., 2018. – 292 с. (на русском языке).

20. Новые материалы / Коллектив авторов под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС. – 2002. – 736 с.

21. Mallick K.K. Dielectric properties of M-type barium hexaferrite prepared by co-precipitation / K.K. Mallick, P. Shepherd, R.J. Green // Journal of the European Ceramic. – 2007. - № 27. – P. 2045 – 2052.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 62   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

22. Sorescu M. Collapse of the magnetic hyperfine structure of barium hexaferrite by mechanochemical activation / [M. Sorescu, A. Grabias, L. Diamandescu, D. Tarabasanu] // Journal of Materials Synthesis and Processing. – 2000. – Vol. 8, № 2, - P. 67 – 72.

23. Ахназарова С.Л. Методы Оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1985.–327 с.

24. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимошев, В.Г. Савельев – М.: высшая школа, 1981. - 335 с.

25. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе: монография. / Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. 280 с.

26. Иващенко М.Ю., Шабанова Г.Н. Исследование защитных свойств барийсодержащего цемента и бетона на его основе / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПИ». – С. 235.

27. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Теория и практика / А. Гинье. – М.: Физматиздат, 1961. – 604 с.

28. ПУЭ-87. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат., 1987. – 648 с.

29. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введен 01.01.89.

30. ГОСТ 12.1.003-83\* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Введен 01.07.89.

31. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення. – К. 2000.

32. ГОСТ 12.1.007-76\*. ССБТ. Вредные вещества. Классификация. Общие требования безопасности. – Введен 01.01.78.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
|     |      |          |        |      |                         | 63   |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



33. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою. – Діє з 01.01.2008.

34. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – Діє з 01.01.2002

35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне та штучне освітлення. – К: М.нбуд, 2006.

36. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку ті інфразвуку. - К. 1999.

37. ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие технические требования. – Введен 01.01.94.

38. НАПБ А. 01.001 – 2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – Діє з 01.01.2005.

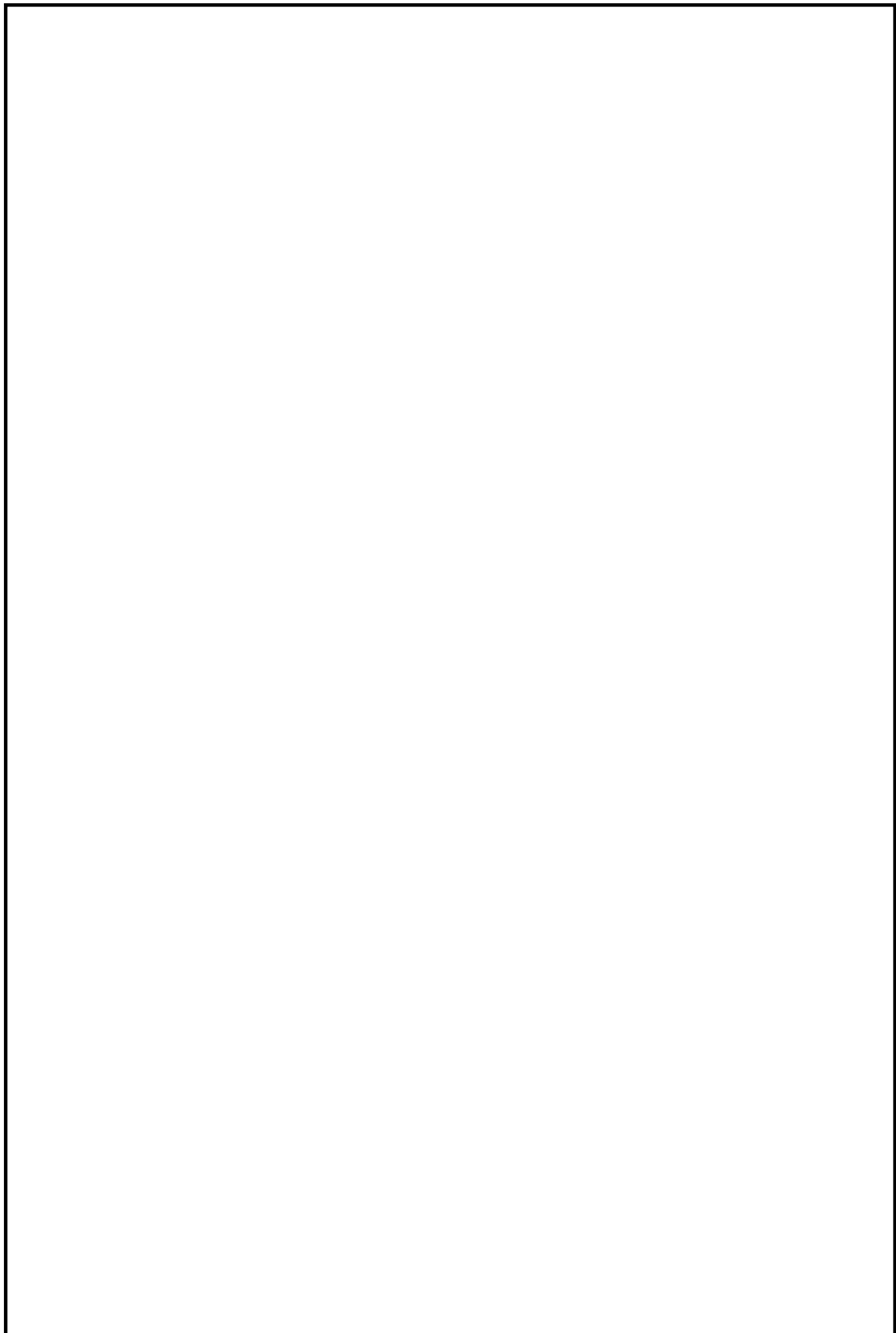
39. ДНАОП 0.03 – 3.01 – 71. Санітарні норми проектування промислових підприємств. – Діє з 01.01.72.

40. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования. Классификация. – Введ. 01.01.90.

41. НПАОП 0.00-4.12-2005. Типові положення про порядок проведення навчання та перевірка занять з питань охорони праці. – Діє з 01.01.2006.

42. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №476 від 18.12.2002 р. «Про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kodeksy.com.ua/>

43. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Экрануючі пристрої для захисту від електричних полів промислової частоти”.



|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | НУЦЗУ.2.17-17. СХ та ХТ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                         | 65   |