

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних, лабораторних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«КОРОЗІЯ І ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА КОНСТРУКЦІЙ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення практичних, лабораторних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Корозія і захист будівельних матеріалів та конструкцій» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Кондращенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 34 с.

Укладач д-р техн. наук, проф. О. В. Кондращенко

Рецензент

А. А. Жигло, кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій, протокол № 6 від 06.12.2023

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| I ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ..... | 5 |
| 1.1 Оцінка агресивності експлуатаційних середовищ..... | 5 |
| 1.1.1 Корозія у газоповітряних середовищах..... | 5 |
| 1.1.2 Корозія у рідких середовищах..... | 7 |
| 1.1.3 Корозія у твердих середовищах..... | 9 |
| 1.2 Оцінка довговічності будівельних матеріалів..... | 11 |
| 1.3 Корозія металів..... | 13 |
| 1.3.1 Хімічна корозія металів..... | 13 |
| 1.3.2 Електрохімічна корозія металів..... | 16 |
| 2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ..... | 18 |
| 2.1 Лабораторна робота «Моделювання хімічної корозії деяких видів будівельних матеріалів»..... | 18 |
| 2.2 Лабораторна робота «Визначення водневого показника та окисно-відновлювального потенціалу проб води»..... | 19 |
| 2.3 Лабораторна робота «Моделювання процесів електрохімічної корозії»..... | 22 |
| 2.4 Лабораторна робота «Дослідження агресивності експлуатаційних середовищ»..... | 23 |
| 2.5 Лабораторна робота «Вибір захисту будівельних матеріалів від впливу радіоактивного й нейтронного випромінювання»..... | 25 |
| 3 ПИТАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ..... | 27 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 33 |

ВСТУП

Дисципліна «Корозія і захист будівельних матеріалів та конструкцій» вивчає процеси, що відбуваються під час руйнування будівельних матеріалів у процесі їхньої експлуатації. Ці процеси відбуваються шляхом фізико-хімічних реакцій між матеріалом та довкіллям і призводять до погіршення властивостей матеріалу. Корозія завдає шкоди не тільки матеріалам конструкцій, а й забруднює навколишнє середовище продуктами корозії, знижує надійність конструкцій, призводить до порушення функцій різних виробничих та технологічних систем, що позначається на життєзабезпеченні суспільства.

Оцінка витрат, пов'язаних із корозією, складається з витрат на захист матеріалів та конструкцій, на заміну пошкоджених частин, збитків від аварій і зупинки виробничих процесів, а іноді й нещасних випадків.

Оскільки корозія має соціальне значення, важливо, щоб кожний фахівець будівельних спеціальностей був обізнаний з питаннями, які виникають унаслідок корозії, міг швидко і кваліфіковано надати оцінку пошкодженню і за допомогою нормативної документації порекомендувати способи захисту матеріалів або конструкцій у певному агресивному середовищі.

Метою цих методичних рекомендацій є навчити студентів оцінювати агресивність різних агресивних середовищ за їх властивостями і обирати способи захисту за нормативними документами.

Під час вивчення дисципліни «Корозія і захист будівельних матеріалів та конструкцій» велика увага приділяється системному підходу і самостійній роботі студентів. Для цього на заняттях із практичних і лабораторних робіт вирішуються завдання, пов'язані з низкою показників корозії, розглядаються схеми приладів для визначення практичних характеристик корозійних процесів, подано теми для самостійної роботи студентів і список необхідних джерел інформації.

І ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

1.1 Оцінка агресивності експлуатаційних середовищ

1.1.1 Корозія у газоповітряному середовищі

Більшість будівель і споруд експлуатуються у газоповітряному середовищі. Навіть чиста земна атмосфера складається із суміші газів: азоту – 78 %, кисню – 20,95 %, аргону – 0,93 %, вуглекислого газу – 0,03 % тощо. Однак розвиток промисловості і будь-яка виробнича або господарська діяльність людей призводить до її забруднення. Забруднення повітря газами відбувається також у результаті викидів продуктів згоряння палива на теплових електростанціях, різними паливними пристроями, двигунами внутрішнього згоряння тощо.

Звичайне повітряне середовище є неагресивним стосовно штучних будівельних матеріалів неорганічного походження із щільною структурою, наприклад, бетонного каменя, цегли, але для залізобетону вже треба враховувати температурно-вологісні умови експлуатації, особливо якщо матеріали експлуатуються у промислових приміщеннях.

Температурно-вологісний режим газоповітряного середовища приміщень можна оцінити за даними таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Температурно-вологісні режими приміщень

| Режим | Відносна вологість повітря, %, при температурі, °С | | |
|------------|--|--------------------|----------------|
| | до 12 | від понад 12 до 24 | понад 24 |
| Сухий | до 60 | до 50 | до 40 |
| Нормальний | понад 60 до 75 | понад 50 до 60 | понад 40 до 50 |
| Вологий | понад 75 | понад 60 до 75 | понад 50 до 60 |
| Мокрий | – | понад 75 | понад 60 |

Агресивність газоповітряного середовища підвищується не тільки у приміщеннях, на території промислових підприємств, де в технологічних процесах можуть міститися різні види газів, але й на відкритій місцевості у прибережних районах, де в повітрі присутні аерозолі солей морської води. В атмосфері підземних споруд також можливий підвищений вміст газів різної концентрації, що спричиняє корозійні процеси в будівельних матеріалах, які там розташовані. Щоб оцінити ступінь агресивності газоповітряного середовища, треба зробити хімічний аналіз повітря, встановити види газів та їх концентрацію, групу агресивності газу відповідно до нормативних документів.

До того ж у разі наявності в середовищі декількох газів до уваги беруть найбільш агресивну групу. Визначити групу агресивності газів залежно від їх виду та концентрації можна за таблицею 1.2.

Таблиця 1.2 – Групи агресивності газів залежно від їх концентрації

| Найменування газу | Концентрація, мг/м ³ | | | |
|-------------------|---------------------------------|-------------|-------------|----------------|
| | A | B | C | D |
| Вуглекислий газ | до 2 000 | > 2 000 | – | – |
| Аміак | до 0,2 | > 0,2 до 20 | > 20 | – |
| Сірчаний Ангідрид | до 0,5 | > 0,5 до 10 | > 10 до 200 | > 200 до 1 000 |
| Фтористий Водень | до 0,05 | > 0,05 до 5 | > 5 до 10 | > 10 до 100 |
| Сірководень | до 0,01 | > 0,01 до 5 | > 5 до 100 | > 100 |
| Оксид азоту | до 0,1 | > 0,1 до 5 | > 5 до 25 | > 25 до 100 |
| Хлор | до 0,1 | > 0,1 до 1 | > 1 до 5 | > 5 до 10 |
| Хлористий Водень | до 0,05 | > 0,05 до 5 | > 5 до 10 | > 10 до 100 |

Примітка. Якщо концентрація газу перевищує межі, вказані у графі **D**, використання матеріалів для виготовлення конструкцій потрібно визначати відповідно до експериментальних даних.

Агресивність зовнішнього повітря оцінюють з урахуванням ще середньорічної температури місцевості (t_c °C) і середньої температури найбільш холодної п'ятиденки (t_x °C). Для різних регіонів України ці дані наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Показники середньорічної температури t_c й середньої температури найбільш холодної п'ятиденки t_x для деяких міст України

| Місто | t_c °C | t_x °C | Місто | t_c °C | t_x °C |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Київ | 7,2 | -25 | Донецьк | 7,5 | -25 |
| Харків | 6,9 | -22 | Одеса | 9,8 | -21 |
| Ялта | 13 | -7 | Вінниця | 6,7 | -25 |
| Суми | 6 | -27 | Полтава | 7 | -26 |
| Львів | 6,7 | -20 | Ужгород | 9,6 | -20 |
| Херсон | 9,8 | -23 | Чернігів | 6,5 | -26 |

Завдання 1. Враховуючи температурні особливості і коливання температурно-вологісного режиму у виробничих приміщеннях, визначити вологісний режим роботи конструктивних елементів промислових будівель.

Дані для визначення вологісного режиму приміщення при різних показниках повітря наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Показники повітря

| Показник повітря | Значення показника | | | | |
|-------------------------------|--------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Температура, °С | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Відносна вологість повітря, % | 55 | 65 | 55 | 65 | 65 |

Завдання 2. Визначити ступінь агресивності газоповітряного середовища на бетонні, залізобетонні, металеві конструкції й обгороджувальні конструкції з силікатної та керамічної цегли, використовуючи нормативний документ за даними, наведеними у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Експериментальні значення показників повітря

| Показники повітря | Експериментальні значення | | | | |
|---|---------------------------|-------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Температура, °С | 18 | 65 | 20 | 15 | 25 |
| Відносна вологість повітря, % | 80 | 30 | 65 | 75 | 60 |
| Хімічний склад повітря, мг/м ³ : | | | | | |
| – вуглекислий газ; | 600 | 1 700 | – | 250 | 350 |
| – Аміак; | 0,1 | – | 0,1 | – | 0,1 |
| – сірчаний ангідрид; | – | 8 | 17 | 5 | 10 |
| – Сірководень; | 6 | – | 2,5 | – | 8 |
| – молекулярний хлор | 2 | 2 | – | 5 | 4 |

1.1.2 Корозія в рідкому середовищі

Оцінка ступеня агресивності води або іншого рідкого середовища залежить від хімічного складу рідини і умов, при яких відбувається взаємодія середовища і матеріалу (швидкість руху потоку, температура, тиск тощо).

Агресивність води поділяється на три категорії за європейськими нормами, наведеними в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Ступені агресивності води

| Вид іона і рН | Хімічна агресивність, мг/л | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|-------------|
| | Слабка | Середня | Сильна |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| SO ₃ ²⁻ | 200–600 | 600–3 000 | 3 000–6 000 |

Продовження таблиці 1.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-----------|-------------|---------|
| CO ₂ | 15–40 | 40–100 | > 100 |
| NH ₄ ⁺ | 15–30 | 30–60 | 60–100 |
| Mg ²⁺ | 300–1 000 | 1 000–3 000 | > 3 000 |
| pH | 6,5–5,5 | 5,5–4,5 | 4,5–5,0 |

Завдання 3. Визначити ступінь агресивності води на повністю занурені у воду металеві конструкції за даними хімічного аналізу води, наведеними в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Дані хімічного аналізу води

| Показники | Величина показника | | |
|---|--------------------|-------|-------|
| Водневий показник (pH) | 7 | 6,5 | 3 |
| Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/л | 500 | 1 700 | 3 000 |
| Хлориди (Cl ⁻), мг/л | 1 000 | 4 500 | 3 500 |

Примітка. Для перерахунку сульфатів на хлориди треба ввести коефіцієнт 0,25.

Завдання 4. Визначити ступінь агресивності ґрунтових вод на залізобетонні блоки фундаменту, виготовлені на портландцементному бетоні W4. Блоки розташовані на рівні ґрунтових вод (показники ґрунту й ґрунтових вод наведені в табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Показники ґрунту й ґрунтових вод

| Показник | Величина показника | | | | |
|--|--------------------|-------|------|-------|-------|
| Коефіцієнт фільтрації ґрунту (K _ф), м/добу | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,05 | 0,05 |
| Бікарбонатна лужність (HCO ₃ ⁻), мг-екв/л | 1,0 | 1,0 | 1,0 | – | – |
| Водневий показник (pH) | 3 | 6,6 | 6 | 3 | 6 |
| Іони магнію (Mg ²⁺), мг/л | 750 | 2 500 | 700 | 3 500 | 2 400 |
| Луги (Na ⁺ , K ⁺), мг/л | 5,0 | 2,0 | 7,5 | 5,0 | 2,0 |
| Сумарний вміст солей (за сухим залишком) | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |

Завдання 5. Визначити ступінь агресивності води щодо залізобетонних стін емнісної споруди з бетону з водопроникністю W 4, що зазнають гідростатичного тиску (дані аналізу води наведені в табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Дані аналізу води

| Показник | Величина показника | | | |
|--|--------------------|-----|-----|-----|
| | 0,5 | 1,5 | 0,7 | 1,2 |
| Бікарбонатна лужність (НСО ₃ ⁻), мг-екв/л | | | | |
| Жорсткість води, град. | – | – | 2 | 5 |

Після кожного визначення ступеня агресивності потрібно зробити висновки.

1.1.3 Корозія у твердому середовищі

Корозійні процеси в твердих середовищах (грунти, хімікати у вигляді гранулятів або порошоків) при звичайній температурі без впливу рідкої фази не відбуваються. Агресивність, наприклад сухих ґрунтів, обумовлена кількістю і складом солей, які вони вміщують, умовами зволоження, кліматом тощо. Агресивність зволжених ґрунтів залежить від складу розчинних солей та їх концентрації. Відносно сталевих конструкцій корозійна агресивність ґрунту характеризується також величиною питомого електричного опору ґрунту і середньої густини катодного струму при зміщенні потенціалу на 100 мВ в більш негативний бік порівняно з потенціалом корозії сталі. Ступені агресивності ґрунту визначають за результатами лабораторних чи польових вимірювань. Дані таких вимірювань наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Ступені агресивності ґрунтів

| Ступінь агресивності ґрунту | Питомий електричний опір ґрунту, Ом·м | Середня густина катодного струму, А/м ² |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| Низький | понад 50 | до 0,05 |
| Середній | 20–50 | 0,05–0,20 |
| Високий | до 20 | понад 0,20 |

Корозійна небезпека порошкоподібних матеріалів визначається їх зволоженням внаслідок конденсації вологи повітря, а це залежить від капілярної конденсації та гігроскопічності самого порошку.

Завдання 6. Визначити ступінь агресивності ґрунту на розташовані в ньому елементи фундаментів з бетону та залізобетону, виготовлені на портландцементі з маркою за водонепроникністю W 4 (дані аналізу ґрунту наведені в табл. 1.10).

Таблиця 1.10 – Дані аналізу ґрунту

| Показник | Величина показника | | |
|------------------------|--------------------|-----------|--------|
| | нормальна | нормальна | волога |
| Зона вологості | нормальна | нормальна | волога |
| Вміст хлоридів, мг/кг | 1 300 | 1 700 | 1 500 |
| Вміст сульфатів, мг/кг | 900 | 800 | 1 100 |

Завдання 7. Визначити ступінь агресивності ґрунту (вище рівня ґрунтових вод) на розташовані в ньому сталеві конструкції (дані аналізу ґрунту наведені в табл. 1.11).

Таблиця 1.11 – Дані аналізу ґрунту

| Показник | Величина показника | | |
|--|--------------------|-----------|--------|
| | нормальна | нормальна | волога |
| Зона вологості | нормальна | нормальна | волога |
| Питомий електричний опір, Ом·м | 60 | 40 | 10 |
| Середня густина струму, А/м ² | 0,06 | 0,04 | 0,15 |

Завдання 8. Визначити ступінь агресивності пилу на залізобетонні й металеві ферми і на обгороджувальні конструкції із силікатної та керамічної цегли заводського корпусу (дані аналізу хімічного складу пилу та температурно-вологісного режиму повітря наведені в табл. 1.12).

Таблиця 1.12 – Дані хімічного аналізу пилу та властивості повітря

| Показник | Величина показника | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Температура, °С | 20 | 20 | 18 | 23 | 25 |
| Відносна вологість, % | 65 | 70 | 60 | 65 | 70 |
| Вид солі в пилу | CaCO ₃ | Na ₂ CO ₃ | Na ₂ SO ₄ | CaCl ₂ | NaCl |
| Рівноважна вологість солі (при 20 °С) | – | – | 50 | 35 | 30 |
| Розчинність солі пилу, г/л | 0,01 | 133,9 | 168,3 | 731,9 | 328,6 |

1.2 Оцінка довговічності будівельних матеріалів

Забезпечення довговічності й корозійної стійкості будівельних матеріалів закладається ще на стадії їх виготовлення. Засоби, що використовуються для цього – підбір складу, вибір добавок. Визначення форми й розмірів виробів або конструкцій належать до первинних заходів захисту. Захист також залежить від умов експлуатації матеріалу, оскільки треба враховувати і всі зовнішні фактори, які мають вплив.

Зовнішні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, електрохімічні тощо. Зокрема, найбільш поширеним є вплив такого фізичного фактору, як вилуговування. Кількісну оцінку цього виду корозії на бетон та конструкції з нього можна виконувати за допомогою розрахунків швидкості процесу розчинення вапна та допустимого коефіцієнта фільтрації води. Розрахунки базуються на такій залежності:

$$\tau = \frac{q_{CaO}}{V_{об}} \cdot C_{CaO}^{-1}, \quad (1.1)$$

де τ – час впливу води до критичної межі вмісту вапна, роки;

q_{CaO} – кількість розчиненого вапна, г/см³;

$V_{об}$ – кількість води, що фільтрує за одиницю часу (об'ємна швидкість води), см³/(см³·с);

C_{CaO} – середня концентрація вапна у воді протягом експлуатації конструкції, г/см³.

Значення q_{CaO} встановлюють на підставі даних про склад бетону та припустимому відсотку вилуговування K , який можна прийняти за 10 %:

$$q_{CaO} = K \cdot \Pi \cdot \alpha, \quad (1.2)$$

де Π – вміст цементу в бетоні, г/см³;

α – вміст вапна в цементі (визначають у частках, наприклад, для портландцементу – 0,65).

Об'єм води, що фільтрує,

$$V_{об} = \Delta H \cdot K_{ср}, \quad (1.3)$$

де $\Delta H = H/h$ – градієнт напору води;

$K_{ср}$ – гранично допустимий коефіцієнт фільтрації бетону.

Завдання 9. Визначити довговічність бетонної конструкції, яка зазнає руйнації від корозії вилуговування за таких умов експлуатації (табл. 1.13).

Таблиця 1.13 – Вихідні дані для визначення довговічності бетонної конструкції

| Показники | Значення показників |
|---|-----------------------|
| Вміст цементу, г/см ³ | 0,3 |
| Відсоток вилуговування К, % | 10 |
| Вміст вапна в цементі | 0,65 |
| Об'ємна швидкість води, см ³ /(см ³ ·с) | 2,57·10 ⁻⁹ |
| Градiєнт напору води | 20 |
| Середня концентрація вапна, г/см ³ | 0,001 2 |

Послідовність розрахунків:

- оцінити допустиму кількість розчиненого вапна q_{CaO} .
- визначити час надійної роботи бетонної конструкції τ .

Завдання 10. Визначити гранично допустимий коефіцієнт фільтрації портландцементного бетону K_f для конструкції, яка експлуатується протягом часу τ при $C_{CaO} = 1,2$ г/л та $\alpha = 0,65$. Вихідні дані наведені в таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 – Вихідні дані для визначення K_f

| Віріант | Т, роки | К | Ц, г/см ³ | Н/н |
|---------|---------|------|----------------------|---------|
| 1 | 50 | 0,1 | 0,28 | 5/0,25 |
| 2 | 100 | 0,1 | 0,32 | 6/0,25 |
| 3 | 150 | 0,1 | 0,36 | 7/0,25 |
| 4 | 200 | 0,1 | 0,40 | 8/0,25 |
| 5 | 250 | 0,1 | 0,44 | 9/0,25 |
| 6 | 50 | 0,13 | 0,28 | 10/0,25 |
| 7 | 100 | 0,13 | 0,32 | 11/0,25 |
| 8 | 150 | 0,13 | 0,36 | 12/0,25 |
| 9 | 200 | 0,13 | 0,40 | 13/0,25 |
| 10 | 250 | 0,13 | 0,44 | 14/0,25 |

Розрахунки потрібно вести за формулою

$$K_f = \frac{V_{об}}{\Delta H} \quad (1.4)$$

Після проведення розрахунків зробити висновок.

1.3 Корозія металів

1.3.1 Хімічна корозія металів

Хімічна корозія металів виникає внаслідок його хімічної взаємодії з неелектролітами, і процес руйнування відбувається за хімічним механізмом без виникнення електричного струму. Такий вид корозії може також виникати при контакті металів із сухими газами. Вірогідність перебігу корозійного процесу визначається знаком термодинамічного потенціалу, який може змінюватися. Критерієм в цьому випадку є ізобарно-ізотермічний потенціал Z . Якщо $\Delta Z < 0$, процес є можливим, якщо $\Delta Z > 0$ – процес неможливий, а якщо $\Delta Z = 0$ – система перебуває в рівновазі.

Для процесу корозії металів за умови, що $P = \text{const}$ і $T = \text{const}$, використовують таке рівняння:

$$\Delta Z_m = 4,575T \cdot \lg \frac{1}{P_{O_2} \cdot \frac{mn}{4}} + \Delta Z^0 \cdot m, \quad (1.5)$$

де P_{O_2} – парціальний тиск кисню відповідно до стану системи, атм;

m – кількість атомів металу в молекулі оксиду;

n – валентність металу;

$\Delta Z_m = - 4,575 \lg K_p$ – стандартна зміна ізобарно-ізотермічного потенціалу, кал.;

K_p – константа хімічної рівноваги.

Зазвичай продуктами хімічної корозії металів є захисні плівки, які утворюються на їх поверхні і гальмують корозійний процес. Але захисну дію мають тільки суцільні плівки зі щільною будовою, тобто якщо об'єм оксиду більший, ніж об'єм металу, що був використаний під час цього процесу. Коли ця умова не виконується, плівка не буде вкривати всю поверхню металу, а її будова буде пухкою і проникною. Це можна описати таким співвідношенням:

$$\frac{V_{ок}}{V_{ме}} = \frac{M \cdot d_{ме}}{X \cdot d_{ок} \cdot A} < 1, \text{ плівка не має суцільності}; \quad (1.6)$$

$$\frac{V_{ок}}{V_{ме}} = \frac{M \cdot d_{ме}}{X \cdot d_{ок} \cdot A} > 1, \text{ плівка може бути суцільною}, \quad (1.7)$$

де $V_{ок}$ – об'єм оксиду;

$V_{ме}$ – об'єм металу, що був використаний;

M – молекулярна вага оксиду;

A – атомна вага металу;

$d_{ок}$ – густина оксиду;

$d_{ме}$ – густина металу;

X – кількість атомів металу в молекулі оксиду.

У реальних умовах захисні властивості навіть суцільних плівок можуть зменшитися внаслідок виникнення в них внутрішнього напруження, що призводить до їх руйнування. Наприклад, у плівок $V_{ок}/V_{ме} > 1$ захисні властивості відсутні. Граничною величиною, при якій ще зберігаються захисні властивості є $V_{ок}/V_{ме} = 2,5-3,0$, а при умові $1 < V_{ок}/V_{ме} < 2,5-3,0$ плівки мають захисні властивості.

Для визначення величини швидкості корозії існують такі показники корозії:

– ваговий показник – характеризує зміну маси зразка внаслідок корозії за одиницю часу щодо площі поверхні металу;

– об’ємний показник – характеризується об’ємом поглинутого газу за одиницю часу, віднесеного до площі поверхні металу;

– глибинний показник – характеризує зменшення товщини металу внаслідок корозії за одиницю часу.

Ваговий показник корозії поділяють на негативний і позитивний:

$$K_{\text{ваг}}^{-} = \frac{D_0 - D_1}{S_o \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}; \quad (1.8)$$

$$K_{\text{ваг}}^{+} = \frac{D_2 - D_0}{S_o \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}, \quad (1.9)$$

де D_0 – початкова маса зразка, г;

D_1 – маса зразка після видалення продуктів корозії, г;

D_2 – маса зразка з продуктами корозії, г;

S_o – площа поверхні зразка, м²;

τ – час, за який відбувається процес корозії, год.

Об’ємний показник корозії визначають за формулою

$$K_{\text{об}} = \frac{V_o}{S_o \cdot \tau}, \text{ см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{год}, \quad (1.10)$$

де V_o – об’єм поглинутого газу, приведенного до нормальних умов ($T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$), см³;

τ – час, за який відбувається процес корозії, год.

Глибинний показник корозії використовують для порівняння металів з різною густиною і розраховують за формулою

$$\Pi = \frac{K_{\text{ваг}}^{-} \cdot 8,76}{\rho_{\text{ме}}}, \text{ мм/рік}, \quad (1.11)$$

де $\rho_{\text{ме}}$ – густина металу, г/см³.

Для оцінки корозійної стійкості використовують 10-бальну шкалу корозійної стійкості, яка наведена у таблиці 1.15.

Таблиця 15 – Шкала корозійної стійкості

| Група стійкості | Швидкість корозії, мм/рік | Бали |
|--------------------|------------------------------|------|
| Повністю стійкі | < 0,001 | 1 |
| Дуже стійкі | > 0,001 до 0,005 | 2 |
| | > 0,005 до 0,01 | 3 |
| Стійкі | > 0,01 до 0,05 | 4 |
| | > 0,05 до 0,1 | 5 |
| Зниженої стійкості | > 0,1 до 0,5 | 6 |
| | > 0,5 до 1,0 | 7 |
| Малостійкі | > 1,0 до 5,0 | 8 |
| | > 5,0 до 10,0 | 9 |
| Нестійкі | > 10,0 | 10 |

Величини густини деяких металів наведені в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Густина деяких металів

| Метал | Густина, г/см ³ | Метал | Густина, г/см ³ |
|----------|----------------------------|--------|----------------------------|
| Магній | 1,74 | Цинк | 7,14 |
| Алюміній | 2,7 | Залізо | 7,87 |
| Хром | 7,1 | Мідь | 8,94 |

Завдання 11. Встановити корозійну стійкість цинкового зразка площею S при температурі повітря T , коли до випробування зразок важив m_1 , а після випробування його вага склала m_2 .

Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 – Вихідні дані

| Варіант | m_1 , г | m_2 , г | S_0 , см ² | τ , діб |
|---------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|
| 1 | 42, 2171 | 42, 219 0 | 30 | 10 |
| 2 | 42, 2165 | 42, 218 0 | 33 | 15 |
| 3 | 42, 2152 | 42, 216 0 | 39 | 18 |
| 4 | 42, 2135 | 42, 214 0 | 40 | 20 |
| 5 | 42, 2131 | 42, 212 5 | 52 | 25 |

Послідовність вирішення завдання:

- визначити позитивний показник корозії;
- визначити негативний показник корозії за формулою

$$K_{\text{ваг}}^- = K_{\text{ваг}}^+ \cdot \frac{A_{\text{Me}}}{A_{\text{O}_2}}, \quad (1.12)$$

де A_{Me} і A_{O_2} – атомні маси відповідно цинку і кисню, г;

– визначити глибинний показник корозії.

Завдання 12. Знайти об'ємний показник корозії і оцінити корозійну стійкість міді в повітряному середовищі при температурі 700 °С. Мідний зразок із площею поверхні $L \text{ см}^2 \times L \text{ см}^2$ після T годин окислення при 700 °С поглинув об'єм кисню $V \text{ см}^3$ при нормальних умовах ($T = 0 \text{ °C}$; $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$).

Вихідні дані для розрахунків надані в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Вихідні дані

| Варіант | Об'єм кисню, см^3 | Розміри зразка, см | Час, год. |
|---------|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1 | 14,1 | 5 x 5 | 1,5 |
| 2 | 14,5 | 5 x 5 | 1,5 |
| 3 | 14,7 | 5 x 5 | 2,0 |
| 4 | 14,9 | 5 x 6 | 2,0 |
| 5 | 15,3 | 6 x 6 | 2,5 |
| 6 | 15,7 | 6 x 7 | 2,5 |
| 7 | 15,9 | 7 x 7 | 3,0 |
| 8 | 15,4 | 6 x 8 | 3,0 |
| 9 | 16,5 | 6 x 9 | 3,5 |
| 10 | 16,8 | 7 x 8 | 3,5 |

Послідовність вирішення завдання:

– знайти об'ємний показник корозії;

– розрахувати позитивний показник корозії:

$$K_{\text{ваг}}^+ = K_{\text{об}} \cdot \frac{M_{\text{O}_2}}{V_o} 10^{-4}; \quad (1.13)$$

– визначити негативний показник корозії;

– визначити глибинний показник корозії;

– зробити висновок щодо корозійної стійкості металу.

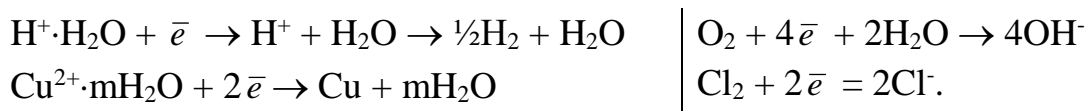
1.3.2 Електрохімічна корозія металів

При електрохімічній корозії відбувається руйнування металу з виникненням електричного струму. Цей процес складається з таких стадій:

– анодний процес: $\text{Me} + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Me}^{n+} \cdot m\text{H}_2\text{O} + \bar{e}$;

– катодний процес: $\text{D} + ne \rightarrow [\text{D} \cdot ne]$.

При електрохімічній корозії спостерігається процес кисневої деполаризації, який можна описати такими рівняннями:



При електрохімічній корозії на катоді відбувається процес, потенціал якого має більш позитивне значення.

Швидкість електрохімічної корозії оцінюють струмовим показником корозії, який показує анодну густину струму:

$$i = K_{\text{ваг}}^- \cdot \frac{n}{A} \cdot 2,68 \cdot 10^{-3}, \quad (1.14)$$

де i – струмовий показник корозії, А/см²;

$K_{\text{ваг}}^-$ – негативний ваговий показник корозії, г/м² · год;

n – валентність іону металу;

A – атомна маса металу, г.

2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

2.1 Лабораторна робота

«Моделювання хімічної корозії деяких видів будівельних матеріалів»

Одним з найпоширеніших видів хімічної корозії будівельних матеріалів є їх загальнокислотна корозія, що виникає при впливі на матеріали різних видів кислот як неорганічного, так і органічного походження. Швидкість цього виду корозії міститься в межах від 0,001 до 10 мм/рік. Критерієм оцінки нанесеного збитку є ваговий показник корозії, що визначається за формулою (6).

Для випробування обирають зразки з гіпсу, портландцементу, мармуру, крейди, силікатної та керамічної цегли. Перед випробуванням всі зразки треба зважити і записати результати в таблицю 2.1. Потім зразки занурюють у 20 % розчину сірчаної і соляної кислот і витримують протягом 20 хв. Після цього їх виймають, промивають чистою водою, сушать до постійної маси і зважують вдруге. Усі дані заносять до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Експериментальні дані щодо оцінки хімічної корозії

| Вид матеріалу | D_0 , г | S_0 , м | D_1 , г | Вид кислоти | $K_{ваг}$ |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| Гіпсовий камінь | | | | | |
| Цементний камінь | | | | | |
| Мармур | | | | | |
| Крейда | | | | | |
| Силікатна цегла | | | | | |
| Керамічна цегла | | | | | |

Після розрахунків зробити висновок щодо кислотостійкості будівельних матеріалів, які випробовувалися, за такою формою:

1. Назвати будівельні об'єкти, де переважає вплив загальнокислотної корозії.
2. Пояснити механізм руйнування матеріалу під дією кислот.
3. Навести приклади первинного захисту будівельних матеріалів від загальнокислотної корозії.
4. Навести приклади вторинного захисту будівельних матеріалів від загальнокислотної корозії.

2.2 Лабораторна робота «Визначення водневого показника води»

Кількісним показником активної реакції води (ступеня її кислотності або лужності) є величина концентрації в ній водневих іонів рН:

$$pH = -\lg [H^+]. \quad (2.1)$$

Від величини рН залежить як перебіг корозійних процесів у рідкому середовищі, так і їх інтенсивність. За величиною рН, виходячи з умов формування їхніх природних вод (за даними А. І. Перельмана), поділяють на чотири групи, які наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Групи води (за даними А. І. Перельмана)

| Група води | Величина рН | Умови формування |
|----------------------------|-------------|--|
| Сильнокисла | < 3 | HCl, SO ²⁻ , S |
| Кисла або слабкокисла | 3–6,5 | H ₂ CO ₃ , органічні кислоти |
| Нейтральна або слабколужна | 6,5–8,5 | Ca(HCO ₃) ₂ |
| Сильнолужна | > 8,5 | Na ₂ CO ₃ |

Для визначення ступеня агресивності води проводять її хімічний аналіз для встановлення бактеріальної складової, величини рН та Eh тощо.

Для визначення величини рН існує декілька методів: електрометричний (лабораторний) і польовий (за допомогою спеціальних індикаторів).

При електрометричному методі використовують прилад рН-метр–150, (потенціометр). Його загальна схема наведена на рисунку 2.1.

Прилад має два електроди: скляний – для вимірювання і каломельний – порівняльний. Каломельний електрод становить скляну ємність зі ртуттю (чиста каломель – HgCl₂) і розчин KCl. Як провідник, використовують платиновий дротик. Підготовку приладу до роботи проводять за допомогою буферних розчинів із відомими значеннями рН. Потім у лабораторні стакани наливають проби води і в кожний по черзі занурюють електроди. Після випробування кожної проби води електроди треба промивати дистильованою водою і висушувати фільтрувальним папером. Величину рН встановлюють за шкалою приладу. Схема вимірювання величини рН наведена на рисунку 2.2.

Крім визначення величини рН, на приладі рН-150 можна вимірювати також показник Eh (рис. 3.3).

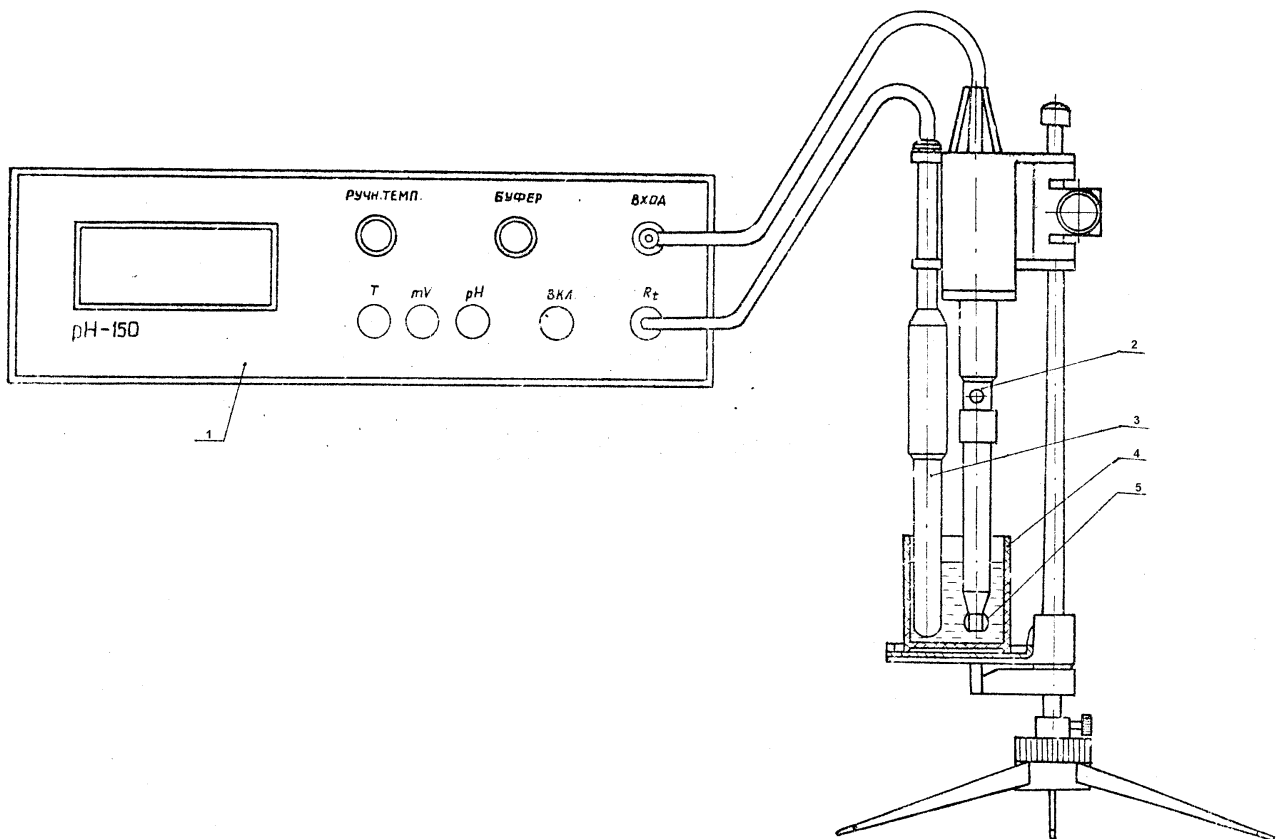


Рисунок 2.1 – Схема приладу рН-150:

1 – перетворювач; 2 – допоміжний електрод; 3 – термокомпенсатор; 4 – склянка з розчином, який випробовують; 5 – вимірювальний електрод

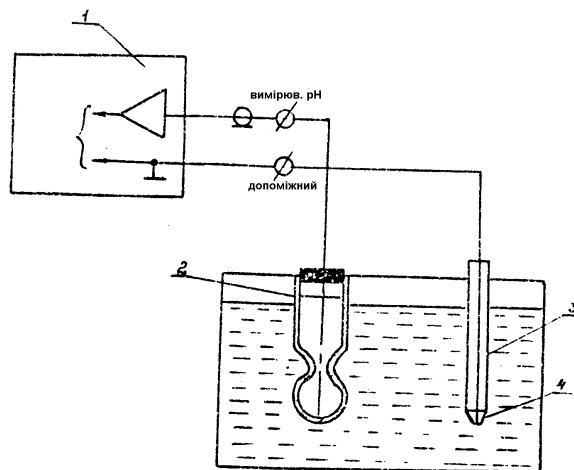


Рисунок 2.2 – Схема визначення рН:

1 – перетворювач; 2 – скляний вимірювальний електрод; 3 – допоміжний електрод; 4 – електричний ключ

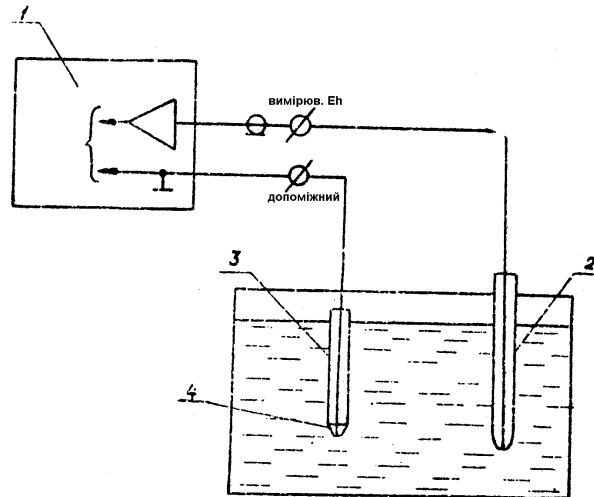


Рисунок 2.3 – Схема визначення Eh:

- 1 – перетворювач; 2 – редоксметричний вимірювальний електрод;
3 – допоміжний електрод; 4 – електричний ключ

При польовому методі використовують універсальний індикаторний папір. Принцип цього методу полягає у зміні кольору індикаторного паперу залежно від величини рН. Для визначення величини рН смужку такого паперу після занурення в середовище, яке досліджують, порівнюють із кольоровими смужками еталону. За кольором на еталоні визначають величину рН.

Дані, отримані при випробуванні проб води, заносять до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати визначення рН води

| Величина рН | | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| За електрометричним методом | Індикаторний метод | |
| | колір паперу | рН |
| | | |
| | | |
| | | |

Надати висновки за такою формою:

1. Подати класифікацію природних рідких середовищ.
2. Навести основні показники стічних вод, що характеризують ступінь їхньої агресивності.
3. Описати, як величина рН характеризує агресивність води.
4. Назвати методи визначення рН.

2.3 Лабораторна робота «Моделювання процесів електрохімічної корозії»

На практиці електрохімічна корозія виникає при умові контакту металу з розчинами електролітів, тобто середовищ, які є іонними провідниками електричного струму, наприклад водні розчини солей або кислот. При цьому виникає ЕРС (електрорушійна сила), яка прямо пропорційно залежить від величини стандартного електродного потенціалу металу.

Величини стандартних електродних потенціалів деяких металів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Величини стандартних електродних потенціалів

| Реакція | Величина потенціалу E_0 , В |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| $Al^{3+} + 3e^- \leftrightarrow Al$ | -1,65 |
| $Zn^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Zn$ | -0,65 |
| $Fe^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Fe$ | -0,44 |
| $Cu^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Cu$ | +0,34 |

Для моделювання такого процесу використовують декілька середовищ:

- водний розчин соляної кислоти (рН = 4–5);
- водний розчин хлористого натрію (рН = 8–9).

Як об'єкт корозії, обрані такі металеві зразки зі сталі (Ст-3 та Ст-20Х), міді, алюмінію і цинку.

Зразки з'єднують парами за допомогою дротів:

- 1-ша пара: Ст-3 – Ст-20Х;
- 2-га пара: Ст-3 – мідь;
- 3-тя пара: Ст-3 – алюміній;
- 4-та пара: Ст-3 – цинк.

Кінці дротів підмикають до гальванометра. Потім послідовно занурюють пари металів до приготовлених розчинів і заміряють величину ЕРС.

Схема експерименту подана на рисунку 2.4.

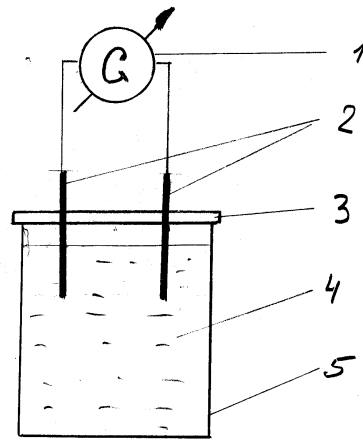


Рисунок 2.4 – Схема моделювання електрохімічної корозії металів:
1 – гальванометр; 2 – зразки металів; 3 – ізолююча кришка; 4 – розчин електроліту; 5 – лабораторний стакан

Дані, отримані під час випробувань, необхідно занести до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Експериментальні дані

| Пари металів | Показник гальванометра | |
|---------------|------------------------|----------------|
| | у розчині HCl | у розчині NaCl |
| Ст-3 – Ст-20Х | | |
| Ст-3 – Cu | | |
| Ст-3 – Al | | |
| Ст-3 – Zn | | |

2.4 Лабораторна робота

«Дослідження агресивності експлуатаційних середовищ»

Для моделювання і дослідження процесів корозії металів у різних експлуатаційних середовищах була застосована модель корозійного елемента. Така модель складається з 20-ти мідних і 20-ти залізних пластин розміром $40 \text{ м} \times 20 \text{ м} \times 0,5 \text{ м}$, ізольованих одна від однієї і закріплених у батарею, торець такої батареї відшліфовано. Через виводи дротів модель корозійного елемента з'єднана з гальванометром. Для проведення випробувань використовували три види експлуатаційних середовищ: ґрунт, зволожений 50 %-вим розчином NaCl, 50 %-вий розчин NaCl кімнатної температури ($\sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$) та той самий розчин NaCl, доведений до температури кипіння ($\sim 100 \text{ }^\circ\text{C}$). Модель корозійного елемента доводили до контакту з кожним із цих середовищ.

Схема випробування наведена на рисунку 2.5.

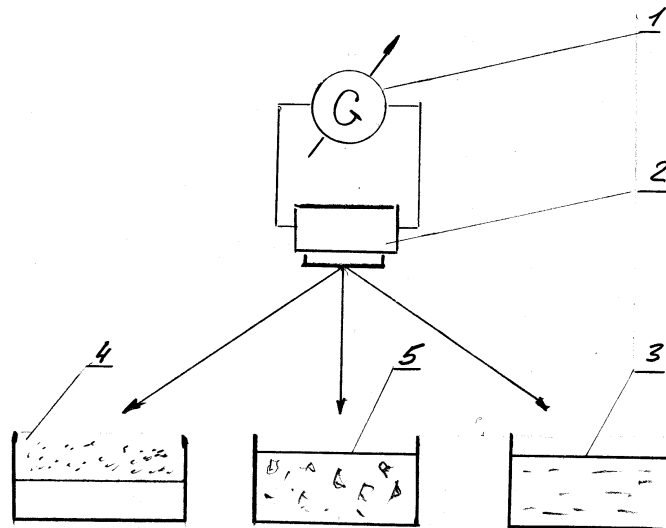


Рисунок 2.5 – Схема дослідження агресивності експлуатаційних середовищ:

1 – гальванометр; 2 – модель корозійного елемента; 3, 4, 5 – ємкості із середовищами

Порівняльні показники, що характеризують агресивність різних експлуатаційних середовищ, фіксують за відхиленням стрілки гальванометра і заносять до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані експерименту

| Вид експлуатаційного середовища | Показання гальванометра | Висновки |
|---------------------------------|-------------------------|----------|
| Газоповітряне | | |
| Рідке | | |
| Тверде | | |

Зробити висновки в такій послідовності:

1. Навести фактори, від яких залежить ступінь агресивності експлуатаційного середовища.
2. Навести приклади рідких середовищ, які належать до електролітів.
3. Відповісти на питання: «У чому полягає суть катодного захисту металів?»

2.5 Лабораторна робота

«Вибір захисту будівельних матеріалів від впливу радіоактивного та нейтронного випромінювання»

Територія України розташована на кристалічному щиті, де наявні великі родовища магматичних, осадових та метаморфічних гірських порід, наприклад, граніту, лабрадориту, габро, мармуру, вапняку тощо, що містять природні радіонукліди. Ці гірські породи використовуються як мінеральна сировина для виготовлення більшості неорганічних будівельних матеріалів.

Радіоактивність будівельних матеріалів обумовлена природними довгоіснуючими радіонуклідами, переважно радієм-226, торієм-232 і калієм-40. Це супроводжується виникненням значної кількості питомої активності природних радіонуклідів (ПРН) на поверхню і підвищенням дози γ -випромінювання в районах розробок.

Крім того, треба враховувати наявність радіоактивності у промислових відходах та техногенних продуктах, що активно застосовуються в будіндустрії, бо вони, як правило, більш радіоактивно небезпечні, ніж природні матеріали. Дані про радіоактивність деяких будівельних матеріалів наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Радіоактивність деяких будівельних матеріалів

| Будівельний матеріал | Питома активність радіонуклідів, Бк/кг | | | |
|----------------------|--|-----------|----------|-----------------|
| | радій-226 | торій-232 | калій-40 | $A_{\text{еф}}$ |
| Глина | 41,0 | 78,0 | 574,0 | 204,0 |
| Пісок | 12,0 | 33,0 | 165,0 | 68,0 |
| Щебінь | 36,0 | 79,3 | 971,0 | 223,0 |
| Гранітний відсів | 43,0 | 118,2 | 1171,0 | 297,3 |
| Вапно | 58,0 | 44,0 | 139,0 | 127,0 |
| Гіпс | 38,0 | 8,0 | 194,0 | 65,0 |
| Бетон | 25,0 | 36,0 | 380,0 | 106,0 |
| Цегла | 44,0 | 51,0 | 704,0 | 171,0 |
| Плитка керамічна | 89,0 | 102,0 | 680,0 | 280,0 |
| Гравій керамічний | 37,0 | 28,0 | 658,0 | 130,0 |

Ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}}$) є основною характеристикою радіоактивності будівельних матеріалів. Її величину визначають як виважену суму питомої активності радію-226 (A_{Ra}), торію-232 (A_{Th}) і калію (A_{K}) за формулою

$$A_{\text{еф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31 A_{\text{Th}} + 0,085 A_{\text{K}}, \text{ Бк/кг}, \quad (2.1)$$

де 1,31 і 0,085 – відповідно, коефіцієнти активності торію-232 і калію-40 щодо радію-226.

За величиною ефективної сумарної питомої активності будівельні матеріали поділяють на класи, за якими визначають можливі сфери їх використання (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Класи будівельних матеріалів за $A_{\text{еф}}$

| Клас | $A_{\text{еф}}$, Бк/кг | Сфери використання |
|------|-------------------------|--|
| I | $He > 370$ | Для всіх видів будівництва без обмежень |
| II | 370–740 | Для об'єктів дорожнього і промислового будівництва |
| III | 740–1 350 | Для об'єктів промислового призначення, де виключається перебування людей; для об'єктів дорожнього призначення поза населеними пунктами; для об'єктів дорожнього призначення в межах населених пунктів за умови покриття шаром ґрунту або іншого матеріалу не менше 0,5 м завтовшки |

Будівельні об'єкти поділяють на дві категорії: обов'язкового й рекомендованого радіаційного контролю. Обов'язковому контролю підлягають деякі види матеріалів: природного походження (піски, глини, гравій, крейда, сланці, технічна вода); штучного походження (заповнювачі всіх видів, в'язучі речовини), арматура і конструкційна сталь; відходи промислового виробництва (золи, шлаки, пуста порода та ін.). До об'єктів рекомендованого радіаційного контролю відносять будівельні вироби і конструкції, оздоблювальні матеріали і вироби.

Підприємства, які видобувають сировину або виготовляють будівельні матеріали, що підлягають обов'язковому радіаційному контролю, повинні на кожну партію поставки своєї продукції видавати паспорт радіаційної якості з визначеним класом за величиною $A_{\text{еф}}$. Якщо будівельні матеріали мають величину $A_{\text{еф}} > 1\,350$ Бк/кг, то питання про можливі сфери використання їх у будівництві вирішується в кожному випадку окремо з дозволу Міністерства охорони здоров'я України.

Процеси корозії, тобто руйнування будівельних матеріалів під дією радіоактивного випромінювання пов'язані зі зміною їхньої структури і властивостей, насамперед міцності, густини тощо. На жаль, природа цього явища повністю ще не вивчена. Здатність послабляти радіаційне й нейтронне випромінювання мають багато природних і штучних матеріалів, але з часом (години, роки) вона послаблюється, або й зовсім зникає. Це залежить від хімічних та фізичних властивостей матеріалу і характеризується радіаційною стійкістю. Радіаційна стійкість – властивість матеріалу протистояти дії

радіоактивного випромінювання в часі, яке змінює його структуру і властивості. Ступінь захисту залежить від виду випромінювання, природи захисного матеріалу і товщини обгороджувальної конструкції. Насамперед необхідно захищати від γ -променів й потоків нейтронів матеріали та конструкції споруд атомної енергетики, деяких науково-дослідних і лікувально-профілактичних установ. Для захисту від радіактивних випромінювань застосовують матеріали з великою густиною, наприклад, свинець, барит, важкі бетони на спеціальних видах в'язучих із заповнювачами з металевих рудних матеріалів. На об'єктах, де діють ще й високі температури, використовують алюмобарієвий цемент і бетон на його основі, а також бетони на основі рідкоземельних елементів. Для захисту від нейтронного випромінювання застосовують матеріали, які містять велику кількість хімічно зв'язаної води, наприклад гідратні бетони.

Для порівняння радіаційно-захисних властивостей матеріалів введено термін «товщина шару подвійного послаблення», який показує товщину шару захисного матеріалу, що забезпечує послаблення радіоактивного випромінювання удвічі порівняно з початковим.

3 ЗАПИТАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Для самостійної роботи студенти повинні за основу брати лекційний курс дисциплін. Але кількість годин аудиторних занять мають обмежені можливості, тому треба використовувати додатковий теоретичний матеріал, який пов'язаний з окремими темами. Для цього необхідно застосовувати різні джерела інформації, у тому числі й електронні.

Для кращого засвоєння навчального матеріалу потрібно ознайомитися з наведеними нижче запитаннями і спробувати відповісти на них. Ці запитання охоплюють основні теоретичні теми дисципліни й дозволяють студентам самостійно знаходити відповіді, а також спонукають їх до творчого мислення.

Запитання до теми

«Характеристика експлуатаційних середовищ і фізична корозія»

1. Перелічіть види рідких середовищ, у яких експлуатуються будівельні матеріали.
2. Наведіть основні характеристики рідких середовищ, які враховують при оцінці їх агресивності.
3. Надайте характеристику природних поверхневих вод.
4. Надайте характеристику природних підземних вод.

5. Надайте характеристику стічних і промислових вод.
6. Наведіть приклади складових газоповітряних середовищ.
7. Які показники треба врахувати при будівництві об'єкта для оцінки газоповітряного середовища?
8. Як оцінити ступінь агресивності газоповітряного середовища?
9. Наведіть приклади твердих середовищ, де експлуатуються будівельні матеріали.
10. Як оцінити ступінь агресивності твердого середовища?
11. Перелічіть властивості, що забезпечують довговічність будівельних матеріалів.
12. Які фактори враховують при проєктуванні довговічних матеріалів?
13. Наведіть фактори, що призводять до фізичної корозії.
14. До яких наслідків призводить фізична корозія?
15. Яким будівельним об'єктам або конструкціям властива корозія, спричинена циклічними нагріванням і охолодженням?
16. Від чого залежать температурні деформації бетонів?
17. У чому полягає механізм фізичної корозії внаслідок циклічного насичення водою та висихання?
18. Поясніть механізм морозного руйнування бетону.
19. У чому полягає вплив структури бетону на його морозостійкість?
20. Принципи проєктування морозостійкого бетону.
21. Як впливає наявність солей при циклічному заморожуванні й розморожуванні бетону?
22. Як призначають марку за морозостійкістю для бетонів?
23. Наведіть заходи щодо підвищення морозостійкості бетонів.
24. У чому полягають причини виникнення сольової фізичної корозії?
25. Охарактеризуйте механізм перебігу сольової фізичної корозії.
26. Наведіть заходи захисту від сольової фізичної корозії.
27. Охарактеризуйте механічний знос будівельних матеріалів як різновид фізичної корозії.

Запитання до теми

«Фізико-хімічна та хімічна корозія будівельних матеріалів»

1. Подайте класифікацію хімічної корозії будівельних матеріалів.
2. Охарактеризуйте механізм корозії вилуговування.
3. Наведіть приклади первинного захисту від корозії вилуговування.
4. Наведіть приклади вторинного захисту від корозії вилуговування.
5. Охарактеризуйте механізм перебігу вуглекислотної корозії.

6. Наведіть заходи захисту від вуглекислотної корозії.
7. Охарактеризуйте механізм перебігу сірчанокислої корозії.
8. Наведіть заходи захисту від сірчанокислої корозії.
9. Механізм перебігу магnezіальної корозії.
10. Заходи захисту від магnezіальної корозії.
11. Охарактеризуйте механізм корозійної дії органічних кислот.
12. Наведіть способи захисту від дії органічних кислот.
13. Охарактеризуйте механізм корозії у лужних середовищах.
14. Наведіть способи захисту бетону від дії лугів.

Запитання до теми «Корозія металів»

1. У чому полягає особливість корозії залізобетону?
2. Від чого залежить швидкість корозії арматури залізобетону?
3. Перелічіть умови перебігу електрохімічної корозії залізобетону.
4. Чим пояснюється пасивність арматури в новому залізобетоні?
5. Поясніть механізм перебігу електрохімічної корозії залізобетону.
6. Що сприяє перебігу анодного процесу арматури?
7. Наведіть особливості катодного процесу арматури.
8. Як пасивність металу залежить від величини потенціалу?
9. Як склад оксидних плівок арматури впливає на процес корозії залізобетону?
10. Проаналізуйте критичні значення рН, при яких ще зберігається пасивність арматури.
11. Що є мірою швидкості електрохімічної корозії?
12. Як нестабільність фізико-хімічних властивостей бетону в залізобетоні впливає на процеси електрохімічної корозії?
13. У чому полягає роль інгібіторів? Наведіть приклади.
14. Наведіть способи захисту арматури в залізобетоні.
15. Проаналізуйте вплив температури на процеси корозії залізобетону.
16. Наведіть приклади контракційних пар при корозії залізобетону.
17. Наведіть заходи захисту залізобетону від електрохімічної корозії.
18. Наведіть приклади об'єктів із залізобетону, які підпадають під вплив блукаючого струму.
19. Якими показниками оцінюють корозійний стан залізобетонних споруд, які підпадають під вплив блукаючого струму.
20. За якими складовими залізобетону протікає струм і чому? Де анод і катод?

21. При яких умовах у залізобетонних конструкціях струм протікає по тілу бетону? До чого це призводить?
22. У чому полягає механізм перебігу електрокорозії залізобетону?
23. Наведіть заходи захисту залізобетону від електрокорозії.
24. Наведіть види металоконструкцій, у яких може виникати електрохімічна корозія.
25. Охарактеризуйте механізм перебігу електрохімічної корозії сталі.
26. У чому полягає процес поляризації?
27. Які внутрішні фактори впливають на швидкість корозії металів?
28. Які зовнішні фактори впливають на швидкість корозії металів?
29. Назвіть причини виникнення атмосферної корозії металів.
30. У чому полягають особливості корозії металів у морському повітрі?
31. Наведіть приклади захисту металів від атмосферної корозії.
32. Наведіть причини виникнення підземної корозії металів.
33. Які фактори визначають інтенсивність підземної корозії металів.
34. Наведіть способи захисту металів від підземної корозії.
35. У чому полягають особливості корозії металів у рідких середовищах.
36. Якими показниками характеризується агресивність води до металів?
37. Порівняйте ступінь агресивності води малої і великої жорсткості на метали.
38. Наведіть методи захисту металів від корозії в рідких середовищах.
39. Надайте характеристику анодних і катодних інгібіторів.
40. У чому полягає механізм газової корозії металів?
41. Що таке процес знезвуглерожування, як цьому протистояти?
42. Наведіть методи захисту металів від газової корозії.
43. Надайте визначення жаростійкості й жароміцності.
44. Проаналізуйте, чи зазнають метали корозії в середовищі неелектролітів?
45. Які домішки нафтопродуктів призводять до корозії металів?
46. Наведіть методи захисту металів від корозії в неелектролітах.
47. У чому полягає принцип катодного захисту металів?
48. У чому полягає принцип протекторного захисту металів?

Запитання до теми «Біокорозія будівельних матеріалів»

1. Які будівельні об'єкти зазнають ураження біокорозією?
2. Наведіть зовнішні ознаки біокорозії.
3. Наведіть фактори, що сприяють розвитку біокорозії.

4. У чому полягає механізм біокорозії, яка спричинена мікроорганізмами?
5. У чому полягає механізм перебігу біокорозії, яка спричинена впливом динітрифікуючих бактерій?
6. У чому полягає механізм перебігу біокорозії, яка спричинена впливом азотофіксуючих бактерій?
7. У чому полягає механізм перебігу біокорозії, яка спричинена впливом уролітичних бактерій?
8. У чому полягає механізм перебігу біокорозії, яка спричинена впливом тіонових бактерій?
9. Проаналізуйте, як пори року впливають на розвиток процесів біокорозії?
10. У чому полягають особливості перебігу біокорозії в трубах?
11. Наведіть методи пасивного захисту від біокорозії.
12. Наведіть методи активного захисту від біокорозії.
13. Охарактеризуйте особливості перебігу біокорозії в градирнях.
14. Наведіть способи боротьби з біокорозією на підприємствах харчової промисловості.
15. Наведіть приклади об'єктів ураження біокорозією на підприємствах харчової промисловості.
16. У чому полягає небезпека стічних вод харчової промисловості?
17. Наведіть приклади біостійких будівельних матеріалів, які застосовують на підприємствах харчової промисловості.
18. Наведіть заходи захисту будівельних матеріалів, які застосовують на підприємствах харчової промисловості.
19. Поясніть принцип впливу гідрофобізаторів на будівельні матеріали.
20. Надайте класифікацію гідроізоляційних будівельних матеріалів.
21. Які компоненти полімерних будівельних матеріалів зазнають руйнування під впливом біокорозії?
22. Охарактеризуйте механізм біокорозії полімерних матеріалів.
23. Назвіть зовнішні ознаки біокорозії полімерних матеріалів.
24. Наведіть заходи захисту полімерних матеріалів від біокорозії.
25. У чому полягає біокорозія герметиків і їх захист.
26. Наведіть види лакофарбової продукції, яка зазнає руйнуючої дії біокорозії.
27. Наведіть приклади прямого і непрямого ураження лакофарбових матеріалів біокорозією.
28. Наведіть заходи захисту лакофарбових матеріалів від біокорозії.

29. Назвіть умови, що спричиняють біокорозію деревини.
30. Проаналізуйте зовнішні ознаки біокорозії деревини.
31. Наведіть види грибів, які уражають будівельну деревину. Які види уражень це спричиняє?
32. У чому полягає механізм руйнування деревини грибами?
33. Назвіть комах, які уражають будівельну деревину.
34. Наведіть заходи захисту деревини від біокорозії.
35. Наведіть конструкційні заходи захисту деревини від біокорозії.
36. При яких умовах конденсується волога в деревині? Перелічіть її різновиди.
37. Наведіть приклади систематичної конденсації вологи в деревних конструкціях?
38. Як запобігти зволоженню деревини при влаштуванні з неї підлоги?
39. У чому полягає хімічний захист деревини?
40. Назвіть вимоги до антисептиків.
41. Що таке пестициди, для чого їх застосовують?
42. Наведіть приклади пестицидів.
43. Яка кількість пестицидів називається бактерицидною?
44. Яка кількість пестицидів називається бактеріостатичною?
45. У чому полягає комплексний захист деревини і конструкцій із неї?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захист будівельних конструкцій та споруд від агресивних дій з рішенням практичних задач : навч. посіб. / В. І. Бабушкін, А. А. Пługін, І. Е Казімагомедов, О. О. Скорик. – Харків : УкрДЗАТ, 2006. – 214 с.
2. Дорофеев В. С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В. С. Дорофеев, В. Н. Выровой. – Одесса : Місто майстрів, 1998. – 165 с.
3. Штарк И. Долговечность бетона / И. Штарк, В. Бернд : пер. с нем. А. Тулганова ; ред. П. В. Кривенко. – Киев : Оранта, 2004. – 295 с.
4. Бабушкин В. И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа / В. И. Бабушкин. – Харьков : Вища школа, 1989. – 167 с.

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних, лабораторних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«КОРОЗІЯ І ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»)*

Укладач **КОНДРАЩЕНКО** Олена Володимирівна

Відповідальний за випуск *С. В. Шаповал*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2024, поз. 29М

Підп. до друку 15.07.2024. Формат 60 × 84 1/16.

Ум. друк. арк. 2,0.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.