

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для виконання практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

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

*(для магістрів 2 курсу денної форми навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

Методичні рекомендації для виконання практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Корозія і захист будівельних матеріалів та конструкцій» (для магістрів 2 курсу денної форми навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. В. Кондращенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 19 с.

Укладач : д-р техн. наук **О. В. Кондращенко**

Рецензенти:

О. І. Демченко, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Н. Г. Морковська, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою технологій будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 4 від 14.11.2017.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
I ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	5
Заняття 1 Оцінка агресивності експлуатаційних середовищ.....	5
1.1 Оцінка впливу температурно-вологісного режиму на агресивність експлуатаційного середовища.....	5
1.2 Визначення агресивності газоповітряного середовища.....	5
1.3 Визначення агресивності твердого середовища.....	7
1.4. Визначення агресивності рідкого середовища.....	8
Заняття 2 Оцінка величини збитку від дії корозії	9
Заняття 3 Оцінка довговічності будівельних матеріалів.....	10
Заняття 4 Визначення показників корозії металів.....	12
II ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	15
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	19

ВСТУП

Корозія – це процес руйнування матеріалів, який шляхом фізико-хімічних реакцій між матеріалом та довкіллям призводить до погіршення його властивостей, зниження надійності конструкцій, призводить до порушення функцій виробничих та технологічних систем, що відбивається на життєзабезпеченні суспільства. Оцінка витрат, пов'язаних з корозією складається з витрат на захист матеріалів та конструкцій, на заміну пошкоджених частин, збитків від аварій й зупинки виробничих процесів, а іноді й нещасних випадків.

Враховуючи соціальне значення корозії, важливо, щоб кожний фахівець будівельних спеціальностей був обізнаний з питаннями, які виникають через корозію, міг швидко і кваліфіковано оцінити причину пошкодження і за допомогою нормативної документації дати рекомендації щодо захисту матеріалів або конструкцій в даному агресивному середовищі.

Метою цих рекомендацій є надання студентам поглиблених відомостей щодо питань оцінювання ступеня агресивності експлуатаційних середовищ, вибору способів захисту конструкцій, будівель та споруд від корозії, застосуванню нормативних документів, що регламентують вибір матеріалів для конкретних умов експлуатації.

Під час вивчення дисципліни «Корозія і захист будівельних матеріалів та конструкцій» велика увага приділяється системному підходу і самостійній роботі студентів. Для цього у вказівках наведено приклади задач для визначення цілого ряду показників корозії, схеми приладів для визначення практичних характеристик корозійних процесів, даються теми для самостійної роботи студентів і список необхідної літератури.

І ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Заняття 1 Оцінка агресивності експлуатаційних середовищ

1.1 Оцінка впливу температурно-вологісного режиму на агресивність експлуатаційного середовища

Не забруднене повітряне середовище є неагресивним по відношенню до щільних штучних будівельних матеріалів неорганічного походження, наприклад, бетонного каменя, цегли, але для залізобетону вже треба враховувати температурно-вологісні умови експлуатації, особливо коли матеріали експлуатуються у промислових приміщеннях. Температурно-вологісний режим газоповітряного середовища приміщень можна оцінити за таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Температурно-вологісні режими приміщень

Режим	Відносна вологість повітря, %, при температурі, °C		
	до 12	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 зовнішнього середовища оцінюють з урахуванням ще середньорічної температури даної місцевості (t_c °C) і середньої температури найбільш холодної п'ятиденки (t_x °C). Для різних регіонів України ці дані наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Показники температури 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

1.2 Визначення агресивності газоповітряного середовища

Агресивність газоповітряного середовища підвищується не тільки на території промислових підприємств, де в технологічних процесах можуть мати місце різні види газів, але і у відкритій місцевості у прибережних районах, де в повітрі присутні аерозолі солей морської води. В атмосфері підземних споруд теж можливий підвищений вміст газів різної концентрації, що викликає

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, встановити групу агресивності газу відповідно до СНіП 2.03.11-85. Причому при наявності в середовищі декількох газів до уваги беруть найбільш агресивну групу.

Визначити групу агресивності газів залежно від їх виду та концентрації можна за таблицею 1.3.

Таблиця 1.3– Групи агресивності газів залежно від їх виду та концентрації

Найменування газу	Концентрація, мг/м ³			
	A	B	C	D
Вуглекислий газ	до 2000	понад 2000	–	–
Аміак	до 0,2	понад 0,2 до 20	понад 20	–
Сірчаний Ангідрид	до 0,5	понад 0,5 до 10	понад 10 до 200	понад 200 до 1000
Фтористий Водень	до 0,05	понад 0,05 до 5	понад 5 до 10	понад 10 до 100
Сірководень	до 0,01	понад 0,01 до 5	понад 5 до 100	понад 100
Оксид азоту	до 0,1	понад 0,1 до 5	понад 5 до 25	понад 25 до 100
Хлор	до 0,1	понад 0,1 до 1	понад 1 до 5	понад 5 до 10
Хлористий Водень	до 0,05	понад 0,05 до 5	понад 5 до 10	понад 10 до 100

Примітка: коли концентрація газу перевищує межі, вказані у графі D, використання матеріалів для виготовлення конструкцій слід визначати відповідно до експериментальних даних.

Варіанти даних для оцінки вологісного режиму приміщень при показниках повітря, наведених у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Показники повітря

Показник	Значення				
Температура, °C	5	10	15	20	25
Відносна вологість повітря, %	55	65	55	65	65

Завдання для визначення ступеню агресивності газоповітряного середовища на бетонні, залізобетонні, металеві конструкції й огорожувальні конструкції з силікатної та керамічної цегли за СНіП 2.03.11-85 наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Експериментальні значення показників повітря

Показники повітря	Експериментальні значення				
	1	2	3	4	5
Температура, °C	18	65	20	15	25
Відносна вологість повітря, %	80	30	65	75	60
Хімічний склад повітря, мг/м ³ :					
вуглекислий газ	600	1700	–	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

1.3 Визначення агресивності твердого середовища

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 в порівнянні з потенціалом корозії сталі. Ступені агресивності ґрунту визначають за результатами лабораторних чи польових вимірювань. Дані таких вимірювань наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Ступені агресивності ґрунтів

Вид агресивності ґрунту	Питомий електричний опір ґрунту Ом·м	Середня густина катодного струму, А/м ²
Низька	понад 50	до 0,05
Середня	20-50	0,05-0,20
Висока	до 20	понад 0,20

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

Зазвичай, щоб визначити ступінь агресивності ґрунту на розташовані в ньому будівельні елементи з бетону та залізобетону, виготовлені на портландському цементі з урахуванням марки бетону за водонепроникністю, використовують СНіП 2.03.11-85, при наступних даних аналізу ґрунту, наведених у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Дані аналізу ґрунту

Показник	Величина показника		
	нормальна	нормальна	волога
Зона вологості			
Вміст хлоридів, мг/кг	1300	1700	1500
Вміст сульфатів, мг/кг	900	800	1100
Питомий електричний опір, Ом·м	60	40	10
Середня густина струму, А/м ²	0,06	0,04	0,15

Щоб визначити ступінь агресивності пилу на будівельні конструкції, особливо металеві та з залізобетону або на огорожувальні конструкції з силікатної та керамічної цегли використовують дані хімічного складу пилу та температурно-вологісного режиму повітря. Приклади таких даних наведені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Дані хімічного аналізу пилу та властивості повітря

Показник	Величина показника				
	20	20	18	23	25
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

1.4. Визначення агресивності рідкого середовища

Оцінка ступеня агресивності води або іншого рідкого середовища залежить від хімічного складу рідини і умов, при яких відбувається взаємодія середовища в матеріалі (швидкість руху потоку, температура, тиск тощо). Агресивність води поділяється на три категорії за європейськими нормами, що наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Ступені агресивності води

Вид іона і pH	Хімічна агресивність, мг/л		
	Слабка	Середня	Сильна
SO ₃ ²⁻	200–600	600–3 000	3 000–6 000
CO ₂	15–40	40–100	більше 100
NH ₄ ⁺	15–30	30–60	60–100
Mg ²⁺	300–1000	1 000–3 000	більше 3 000
pH	6,5–5,5	5,5–4,5	4,5–5,0

Для визначення ступіню агресивності ґрунтових вод на будівельні конструкції використовують СНіП 2.03.11-85 і наступні показники ґрунту й ґрунтових вод. Варіанти вихідних даних наведені у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Показники ґрунту й ґрунтових вод

Показник	Величина показника				
Коефіцієнт фільтрації ґрунту (K_f), 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	2500	700	3500	2400
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

Заняття 2 Оцінка величини збитку від дії корозії

Корозія будівельних конструкцій і технологічного обладнання призводить до аварійних ситуацій і величезних збитків, які складаються з прямого та непрямого збитку. Прямий збиток, це ті кошти, що були затрачені на всі роботи по заміні зруйнованого корозією об'єкту, а непрямі збитки пов'язані також з витратами, які є наслідками аварії, що утворилася в результаті корозії. Розрахунки непрямих збитків умовно можна обчислити за формулою 1.1

$$Q_{\text{нп}} = q_1 \cdot \tau, \quad (1.1)$$

де q_1 – витрати, нанесені зупинкою об'єкту на ремонт, грн;

τ – час, витрачений на заміну або ремонт зруйнованого об'єкту, год.

Повні збитки розраховують за формулою 1.2

$$Q = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{нп}} \quad (1.2)$$

Треба виконати розрахунки повних витрат для такої ситуації. Корозія водопровідної системи призвела до припинення подачі води на завод залізобетонних конструкцій, в результаті чого було зупинено виробництво. Заміна пошкодженої ділянки трубопроводу тривала τ годин і склала $Q_{\text{пр}} = X$ грн. Одна година простою всього заводу обходиться в $q_1 = Y$ грн. Визначити повну суму збитків від результатів корозії. Варіанти вихідних даних наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку збитків від корозії

Варіант	τ , год	$Q_{\text{пр}}$, грн	q_1 , грн
1	2	3	4
1	5	3 385	65 000
2	2	1 280	65 000

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	4	1 900	48 000
4	7	3 050	79 000
5	8	4 100	50 000
6	9	5 040	830 000
7	1	1 200	40 000
8	10	10 300	100 000
9	6	2 300	64 000
10	3	2 100	46 000

Заняття 3 Оцінка довговічності будівельних матеріалів

Забезпечення довговічності й корозійної стійкості будівельних матеріалів закладається ще на стадії їх виготовлення. Всі засоби, що використовуються для цього: підбір складу, вибір додатків, визначення форми й розмірів виробів або конструкцій відносяться до первинних заходів захисту. Захист також залежить від умов експлуатації матеріалу, бо треба враховувати всі фактори, які мають зовнішній вплив. Зовнішні фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні, електрохімічні тощо. Так, найбільш поширеним є вплив такого фізичного фактору, як вилугування (корозія першого виду за класифікацією В. М. Москвіна). 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:

$$\tau = \frac{q_{CaO}}{V_{об}} \cdot C_{CaO}^{-1}, \quad (3.1)$$

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 вилугування K , який можна прийняти за 10 %:

$$q_{CaO} = K \cdot \Pi \cdot \alpha, \quad (3.2)$$

де Π – вміст цементу в бетоні, г/см³;

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

Об'єм води, що фільтрує :

$$V_{об} = \Delta H \cdot K_{ср}, \quad (3.3)$$

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

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

Вихідні дані для визначення довговічності бетонних конструкцій, які зазнали руйнівної дії корозії першого виду наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для визначення довговічності

Показники	Значення показників
Вміст цементу, г/см ³	0,3
Відсоток вилугування К, %	10
Вміст вапна в цементі	0,65
Об'ємна швидкість води, см ³ /(см ³ ·с)	$2,57 \cdot 10^{-9}$
Градієнт напору води	20
Середня концентрація вапна, г/см ³	0,0012

Щою розрахувати величину гранично допустимого коефіцієнту фільтрації бетонної конструкції треба використовувати формулу 3.4:

$$K_{ф} = \frac{V_{об}}{\Delta H}, \quad (3.4)$$

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

ΔH – градієнт напору води.

Вихідні дані для визначення гранично допустимого коефіцієнту фільтрації портландцементного бетону $K_{ф}$ для конструкції, яка експлуатується протягом часу τ при $C_{CaO} = 1,2$ г/л та $\alpha = 0,65$ наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для визначення $K_{ф}$

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

Заняття 4 Визначення показників корозії металів

Хімічна корозія виникає внаслідок хімічної взаємодії металу з неелектролітами і процес руйнування відбувається за хімічним механізмом без виникнення електричного струму. Такий вид корозії може також виникати при контакті металів з сухими газами. Вірогідність протікання корозійного процесу визначається знаком термодинамічного потенціалу, який може змінюватися. Критерієм в цьому випадку є ізобарно-ізотермічний потенціал Z . Коли $\Delta Z < 0$, процес є можливим, коли $\Delta Z > 0$ – процес неможливий, а якщо $\Delta Z = 0$ – система знаходиться у рівновазі. Для процесу корозії металів при умові, що $P = \text{const}$ і $T = \text{const}$, використовують наступне рівняння:

$$\Delta Z_m = 4,575T \cdot \lg \frac{1}{P_{O_2} \cdot \frac{mn}{4}} + \Delta Z^0 \cdot m, \quad (4.1)$$

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

m – число 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.

Як правило, продуктами хімічної корозії металів є захисні плівки, завдяки чому відбувається гальмування корозійного процесу. Але захисну дію мають тільки суцільні плівки з щільною будовою. Суцільність плівки буде забезпечена, якщо об'єм оксиду є більшим ніж об'єм металу, що був використаний на цей процес. Коли ця умова не виконується, плівка не буде вкривати всю поверхню металу, а її будова буде пухкою. Це можна виразити таким співвідношенням:

$$\frac{V_{ок}}{V_{ме}} = \frac{M \cdot d_{ме}}{X \cdot d_{ок} \cdot A} < 1, \text{ плівка не має суцільності}; \quad (4.2)$$

$$\frac{V_{ок}}{V_{ме}} = \frac{M \cdot d_{ме}}{X \cdot d_{ок} \cdot A} > 1, \text{ плівка може бути суцільною}, \quad (4.3)$$

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 – число 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 за умови $1 < V_{ок}/V_{ме} < 2,5-3,0$ – плівки мають захисні властивості. Для визначення величини швидкості корозії існують такі показники корозії:

– ваговий показник – характеризує зміну маси зразка внаслідок корозії за одиницю часу по відношенню до 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:

$$K_{\text{ваг}}^{-} = \frac{D_0 - D_1}{S_0 \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}; \quad (4.4)$$

$$K_{\text{ваг}}^{+} = \frac{D_2 - D_0}{S_0 \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}, \quad (4.5)$$

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_0 – площа поверхні зразка, м²;

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

Об’ємний показник корозії визначають за формулою

$$K_{\text{об}} = \frac{V_0}{S_0 \cdot \tau}, \text{ см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{год}, \quad (4.6)$$

де V_0 – об’єм поглинутого газу, приведенного до нормальних умов ($T = 0^\circ\text{C}$, $P = 760$ мм рт. ст.), см³;

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

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

$$\Pi = \frac{K_{\text{ваг}}^{-} \cdot 8,76}{\rho_{\text{ме}}}, \text{ мм/рік}, \quad (4.7)$$

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

Для оцінки корозійної стійкості використовують десяти бальну шкалу корозійної стійкості, наведену в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Шкала корозійної стійкості металів

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

Показники густини деяких металів наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – 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

Для визначення корозійної стійкості 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 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для цинкового зразка

m_1 , г	m_2 , г	S_0 , см ²	τ , діб
42,217 1	42,219 0	30	10
42,216 5	42,218 0	33	15
42, 215 2	42,216 0	39	18
42,213 5	42,214 0	40	20
42,213 1	42,212 5	52	25

Для визначення о корозійної стійкості і об'ємного показника корозії в повітряному середовищі при температурі 700 °С мідного зразка з площею поверхні $L \times L$ см² після τ годин окислення, який поглинув V см³ кисню вихідні дані подані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для зразку міді

Об'єм кисню, см ³	Розміри зразка, см	Час, год.
14,1	5 × 5	1,5
14,5	5 × 5	1,5
14,7	5 × 5	2,0
14,9	5 × 6	2,0
15,3	6 × 6	2,5
15,7	6 × 7	2,5
15,9	7 × 7	3,0
15,4	6 × 8	3,0
16,5	6 × 9	3,5
16,8	7 × 8	3,5

II ЗАВДАННЯ 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 спрямований за окремими темами. Для цього необхідно застосовувати літературу, яка додається списком у даних методичних вказівках. Для кращого засвоєння матеріалу треба ознайомитись з нижченаведеними запитаннями і спробувати на відповіді на них. Ці запитання охоплюють основні теоретичні теми дисципліни й дозволяють студентам самостійно знаходити відповіді й спрямовують їх до творчого мислення.

Питання для самостійного вивчення тематики ЗМ 1

Фізична, фізико-хімічна та хімічна корозія мінеральних будівельних матеріалів та антикорозійний захист

1. Які властивості будівельних матеріалів забезпечують їх довговічність?
2. Наведіть фактори, що викликають фізичну корозію і які наслідки це має?
3. Від чого залежать температурні деформації бетонів?
4. Наведіть механізм морозного руйнування бетону.
5. Як впливає структура бетону на його морозостійкість.
6. Принципи проектування морозостійкого бетону.
7. Як призначають марку за морозостійкістю для бетонів?
8. Наведіть заходи підвищення морозостійкості бетонів.
9. В чому полягає механізм протікання сольової фізичної корозії?
10. Надайте класифікацію рідких середовищ, в яких експлуатуються

будівельні матеріали.

11. Наведіть основні характеристики рідких середовищ, які враховують при оцінці їх агресивності.
12. Надайте характеристику стічних і промислових вод.
13. Навести показники для оцінки агресивності газоповітряного середовища?
14. Дайте класифікацію хімічної корозії будівельних матеріалів.
15. Наведіть механізм корозії вилуговування.
16. Наведіть приклади первинного захисту від корозії вилуговування.
17. Наведіть приклади вторинного захисту від корозії вилуговування.
18. Механізм протікання вуглекислотної корозії та заходи захисту від неї.
19. Механізм протікання сірчаноокислої корозії та заходи захисту від неї.
20. Механізм протікання магнезіальної корозії та заходи захисту від неї.
21. Механізм корозійної дії органічних кислот та заходи захисту від їх дії.
22. Механізм корозії у лужних середовищах. Навести способи захисту.

Питання для самостійного вивчення тематики ЗМ 2.

Електрохімічна корозія бетону, залізобетону та металів. Способи антикорозійного захисту.

1. У чому полягає механізм корозії залізобетону?
2. Від чого залежить швидкість корозії арматури залізобетону?
3. Перелічіть умови та поясніть механізм протікання електрохімічної корозії залізобетону.
4. Навести фактори які сприяють протіканню анодного процесу арматури.
5. В чому полягають особливості катодного процесу арматури?
6. Як склад оксидних плівок арматури впливає на процес корозії залізобетону, наведіть показники рН, при яких зберігається пасивність арматури.
7. Що є мірою швидкості електрохімічної корозії?
8. Як нестабільність фізико-хімічних властивостей бетону в залізобетоні впливає на процеси електрохімічної корозії?
9. Наведіть способи захисту арматури в залізобетоні.
10. Як впливає температура на процеси корозії залізобетону?
11. Заходи захисту залізобетону від електрохімічної корозії.
12. Якими показниками оцінюють корозійний стан залізобетонних споруд, які підпадають під вплив блукаючого струму.
13. У чому полягає механізм протікання електрокорозії залізобетону?
14. Наведіть види металоконструкцій, в яких може виникати електрохімічна корозія.

15. У чому полягає механізм протікання електрохімічної корозії сталі?
16. Які внутрішні фактори впливають на швидкість корозії металів?
17. Які зовнішні фактори впливають на швидкість корозії металів?
18. Назвіть причини виникнення атмосферної корозії металів.
19. Особливості корозії металів у морському повітрі.
20. Захист металів від атмосферної корозії.
21. Причини виникнення підземної корозії металів та способи захисту від неї.
22. Особливості корозії металів у рідких середовищах та методи захисту.
23. Дайте характеристику анодних і катодних інгібіторів та способи їх застосування.
24. В чому полягає механізм газової корозії металів?
25. Методи захисту металів від газової корозії.
26. Дайте визначення жаростійкості й жароміцності?
27. Чи підлягають метали корозії в середовищі неелектролітів?
28. У чому полягає принцип катодного захисту металів?
29. У чому полягає принцип протекторного захисту металів?

Питання для самостійного вивчення тематики ЗМ 3
Біологічна корозія будівельних матеріалів. Способи захисту

1. Які будівельні об'єкти зазнають ураження біокорозією та які вона має зовнішні ознаки?
2. Назвіть фактори, що сприяють розвитку біокорозії.
3. В чому полягає механізм біокорозії, яка викликана мікроорганізмами?
4. У чому полягає механізм протікання біокорозії, яка викликана впливом дінітрифікуючих бактерій?
5. У чому полягає механізм протікання біокорозії, яка викликана впливом азотфіксуючих бактерій?
6. У чому полягає механізм протікання біокорозії, яка викликана впливом уролітичних бактерій?
7. У чому полягає механізм протікання біокорозії, яка викликана впливом тіонових бактерій?
8. Наведіть методи пасивного захисту від сірчаноокислої біокорозії?
9. Наведіть методи активного захисту від сірчаноокислої біокорозії?
10. Особливості протікання біокорозії в градирнях.
11. Наведіть заходи захисту будівельних матеріалів, які застосовують на підприємствах харчової промисловості.
12. Дайте класифікацію гідроізоляційних будівельних матеріалів.
13. Наведіть механізм руйнування полімерних будівельних матеріалів під

впливом біокорозії? Наведіть заходи їх захисту.

14. У чому полягає біокорозія герметиків і їх захист.

15. Наведіть приклади прямого і непрямого ураження лакофарбових матеріалів біокорозією.

16. Наведіть заходи захисту лакофарбових матеріалів від біокорозії.

17. Назвіть умови та зовнішні ознаки біокорозії деревини.

18. Назвіть хімічні заходи захисту деревини від біокорозії.

19. Назвіть конструкційні заходи захисту деревини від біокорозії.

20. Назвіть вимоги до антисептиків.

21. Наведіть види пестицидів.

22. Чим відрізняються бактерицидна та бактеріостатична дія пестицидів?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Захист будівельних конструкцій та споруд від агресивних дій з рішенням практичних задач : навч. посібник / В. І. Бабушкін, А. А. Пługін, І. Е Казімагомедов, О. О. Скорик. – Харків : УкрДЗАТ, 2006. – 214 с.
2. Коррозия и защита материалов / А. С. Неверов, Д. А. Радченко, М. И. Цырлин. – М. : Форум : ИНФРА М, 2013. – 224 с.
3. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии. – утв. Госстрой СССР 20.03.1996. Введен в действие 01.01. 1996. – М. : Госстрой СССР, 1996. – 56 с.
4. Дворкин Л. И. Основы бетоноведения / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – СПб : ООО «Строй-бетон», 2006. – 691 с.
5. Дорофеев В. С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В. С. Дорофеев, В. Н. Выровой. – Одесса : «Місто майстрів», 1998. – 165 с.
6. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В. Г. Батраков. – М. :АО Астра семь, 1989. – 768 с.
7. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев; ред. В. М. Москвина. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
8. Штарк И. Долговечность бетона / И. Штарк, В. Бернд : пер. с нем. А. Тулганова ; ред. П. В. Кривенко. – Киев : Оранта, 2004. – 295 с.
9. Бабушкин Владимир Иванович Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа / В. И. Бабушкин. – Харьков : Вища школа, 1989. – 167 с.
10. Защита строительных конструкций от коррозии : Справочник строителя / ред. А. М. Орлова. – М. : Стройиздат, 1991. – 255 с.
11. Стрижевский И. В. Защита подземных металлических сооружений от Коррозии : Справочник / И. В. Стрижевский, А. Д. Белоголовский. – М. : Стройиздат, 1990. – 303 с.
12. Горшин С. Н. Экологические аспекты биоразрушений и меры защиты деревянных конструкций / С. Н. Горшин. – М. : Стройиздат, 1984. – 115 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації проведення
практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

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

*(для магістрів 2 курсу денної форми навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач: **КОНДРАЩЕНКО** Олена Володимирівна

Відповідальний за випуск *О. В. Кондращенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. В. Кондращенко*

План 2018, поз. 10М

Підп. до друку 05.02.2018. Формат 60 × 84 1/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,8

Зам. № Тираж 20 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.