

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г.В. КАРПЕНКА



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ФМІ НАН України
З.Т. Назарчук
«19» вересня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)

**Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування
металів та сплавів.**

рівень вищої освіти третій (доктор філософії)

галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія

/шифр і назва/

спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

/шифр і назва /

спеціалізація Хімічний опір матеріалів та захист від корозії

/шифр і назва /

вид дисципліни обов'язкова

(обов'язкова / за вибором)

мова викладання українська

Львів – 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)
«Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів»

1. Реквізити навчальної дисципліни

Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Рівень вищої освіти	Третій (доктор філософії)
Статус дисципліни	Обов'язкова
Форма навчання	Змішана
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	2 кредити (60 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., ст.н.с. Винар Василь Андрійович, vynar.va@gmail.com , Практичні: д.т.н., ст.н.с. Винар Василь Андрійович, Андрійович, vynar.va@gmail.com ,
Розміщення курсу	www.ipm.lviv.ua ; вільний доступ

2. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
Кількість кредитів/год.	2/60
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	40
• лекційні заняття, год.	32
• семінарські заняття, год.	–
• практичні заняття, год.	8
• лабораторні заняття, год.	–
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	20
• контрольні роботи, к-сть/год.	–
• розрахункові (розрахунково-графічні) роботи, к-сть/год.	10
• індивідуальне науково-дослідне завдання, к-сть/год.	5
• підготовка до навчальних занять та контрольних заходів, год.	5
Екзамен	1
Залік	–

3. Опис навчальної дисципліни, мета, завдання та результати.

Навчальна дисципліна «**Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів**» розроблена для аспірантів і має на меті надати їм необхідні знання про різні види корозійно-механічного руйнування металів та механізми їх протікання залежно від агресивності середовищ, різновиду навантажень, впливу структури, масштабного фактору, поверхневої обробки та інших чинників.

3.1. Мета та завдання вивчення навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «**Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів**» освоєння методичних підходів до вивчення міцності матеріалів за різного виду прикладених напружень і одночасної дії корозійно-агресивних середовищ та методами підвищення опору руйнування за дії корозійно-механічного чинника. В ході вивчення дисципліни аспірант повинен освоїти методичну базу та теоретичні особливості корозійно-механічного руйнування металів, вміти оцінювати вплив різних факторів і робити підбір методів підвищення опору руйнуванню деталей, що працюють за одночасної дії напружень та корозійного чинника.

3.2. Основні завдання вивчення навчальної дисципліни

- розкрити сучасні уявлення про корозійно-механічне руйнування;
- ознайомити з різними методами дослідження корозійно-механічних процесів та оцінювання стану металоконструкцій;
- розглянути основні причини корозійного розтріскування та корозійної втоми металів у середовищах різної агресивності;
- ґрунтовно ознайомити з кінетикою росту корозійно-втомних тріщин та методичними підходами для її вивчення, розвинути навички практичного використання електрохімічних критеріїв для встановлення періодів зародження та росту тріщин;
- розкрити вплив природи і структури металів на корозійно-механічне руйнування;
- надати розуміння за механізми та вплив різних чинників на руйнування металів в умовах дії механічних напружень та агресивних середовищ.
- детально ознайомити з методами, які використовуються для підвищення опору корозійно-механічному руйнуванню металів та сплавів (коректний підбір матеріалів, покриття, електрохімічний захист, поверхнева обробка, хіміко-термічна обробка, інгібітори корозії).
- засвоїти підходи до аналізу одержаних результатів досліджень і робити адекватні висновки.

3.3. Результати навчальної дисципліни

Після засвоєння дисципліни аспіранти мають продемонструвати **такі програмні результати навчання:**

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та оцінювання сучасних наукових досягнень, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань.

ЗК02. Здатність проведення корозійно-механічних досліджень за різними методиками на відповідному рівні.

ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК05. Здатність співпрацювати у професійному середовищі для реалізації завдань дослідження (збір та опрацювання даних, представлення та обговорення результатів).

ЗК06. Здатність набувати універсальні навички дослідника, зокрема усної та письмової презентації результатів власного наукового дослідження українською мовою, застосування сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності, пошуку та критичного аналізу інформації.

ЗК07. Здатність до формування наукових проектів на конкурси, що проводять вітчизняні та іноземні інституції, складання пропозицій щодо фінансування наукових досліджень, реєстрації прав інтелектуальної власності.

Фахові компетентності

ФК01. Здатність виконувати (індивідуально або в науковій групі) оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерії, зокрема щодо методик досліджень та методів підвищення опору корозійно-механічному руйнуванню металів.

ФК02. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми у сфері хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, вивчати вплив негативних факторів на руйнування металоконструкцій та вибирати методи підвищення їх робоздатності.

ФК03. Здатність отримувати доступ до відповідних документів та текстів для вирішення відповідних задач у сфері хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, аналізувати та поєднувати інформацію з різних джерел, які стосуються тематики корозійно-механічного руйнування металів.

ФК05. Вміння застосовувати на практиці результати отримані в ході виконання дисертаційних досліджень. Здатність передавати отримані знання та результати досліджень іншим особам.

ФК06. Здатність розвивати та вдосконалювати свої здібності в галузі письмової наукової комунікації для написання, публікування та презентації статей у фахових журналах та наукометричних виданнях.

Програмні результати навчання

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технології та інженерії, зокрема в галузі корозії матеріалів, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження корозії матеріалів та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН05. Знати закономірності керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення, фізико-хімічними процесами в матеріалах для створення матеріалів із заданими структурами та властивостями.

РН07. Мати системні знання та навички сучасної методології досліджень в області хімічної технології та інженерії, хімічного опору матеріалів та у суміжних галузях. Оцінювати стан сучасних технологій хімічного виробництва та тенденцій їх розвитку з точки зору корозійних аспектів.

РН08. Досліджувати і моделювати явища та процеси у складних хіміко-технологічних та корозійних системах. Узагальнювати експериментальні дані та здійснювати їх оцінку на предмет значимості і співвідношення з відповідною теорією.

РН09. Планувати й ефективно проводити інформаційно-пошукову роботу в рамках власного дослідження із використанням універсальних і спеціалізованих ресурсів наукової інформації, застосовуючи наукометричні показники і відповідне програмне забезпечення. Здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел.

РН10. Самостійно виконувати наукові дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою

PH12. Ефективно планувати заходи для отримання необхідних результатів, що підтверджується вчасним звітуванням та остаточним захистом.

PH13. Визначати ціннісні та етичні засади наукової діяльності й керуватись ними у власному дослідженні.

PH15. Вміти доступно, на високому науковому рівні доносити сучасні наукові знання та результати досліджень до професійної та непрофесійної аудиторії.

PH16. Представляти результати наукових досліджень через публікації у фахових рецензованих виданнях, в тому числі, внесених до наукометричних баз даних (наприклад, Scopus, Web of Science тощо).

4. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни аспіранту необхідні знання та уміння, що були отримані підчас вивчення дисциплін «Іноземна мова професійного спрямування», «Методологія та планування досліджень», «Основи проектного менеджменту».

Навчальна дисципліна є підготовчою для написання кваліфікаційної роботи аспіранта.

Перелік попередніх та супутніх і наступних навчальних дисциплін

№ з/п	Попередні навчальні дисципліни	Супутні і наступні навчальні дисципліни
1.	Іноземна мова професійного спрямування	Основні принципи розроблення методів та засобів протикорозійного захисту металів.
2.		Методи моделювання процесів на межі розділу фаз на атомно-молекулярном рівні
3.		Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів

5. Анотація навчальної дисципліни

Навчальна «**Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів**» відноситься до дисципліни, що використовує принципи фізики, хімії та інженерії для вивчення взаємодії матеріалів з агресивними середовищами. Цей курс покликаний забезпечити студентам глибоке розуміння механізмів корозійно-механічного руйнування, включаючи фактори, що впливають на процес, такі як корозійна агресивність середовища, хімічні реакції та механічні напруження. Дисципліна охоплює теоретичні основи взаємодії матеріалів з агресивними середовищами, визначення факторів, що впливають на корозійну тривкість, а також методи захисту від корозійно-механічного руйнування. В ході вивчення дисципліни аспіранти отримують знання про основні методи підвищення довговічності обладнання в умовах дії механічних напружень та агресивних середовищ, що дозволяє їм розуміти та вирішувати практичні завдання з підвищення міцності та довговічності обладнання в екстремальних умовах експлуатації.

6. Опис навчальної дисципліни

6.1. Лекційні заняття

№ з/п	Зміст заняття	Кількість годин
1.	Види корозійно-механічного руйнування металів і сплавів та методи їх дослідження 1.1. Основні види корозійно-механічного руйнування (корозійне розтріскування, корозійна, адсорбційна, воднева втома, фретинг-втома).	5

	1.2. Методи вивчення корозійно-механічних механічного руйнування металів (корозійна втома, тріщиностійкість, трибокорозія та корозійне розтріскування). 1.3. Методи неруйнівного контролю корозійно-механічного руйнування металів.	
2.	Вплив різних чинників на руйнування металів за дії механічних напружень та корозивних середовищ 2.1. Хімічні та електрохімічні процеси, що спричиняють корозійно-механічне руйнування. 2.2. Вплив властивостей середовища та металів на процеси руйнування. 2.3. Роль механічних напружень та деформацій на корозійно-механічне руйнування.	5
3.	Корозійне розтріскування під напруженням та міжкристалітна корозія металів 3.1. Корозійне розтріскування під напруженням у різних за природою корозивних середовищах. 3.2. Міжкристалітна корозійно-механічна корозія металів у кислих середовищах та її механізми. 3.3. Вплив напружень на міжкристалітну корозію сплавів алюмінію, нікелю і титану.	5
4.	Корозійна втома металів і сплавів 5.1. Корозійна втома. 5.2. Адсорбційна втома. 5.3. Воднева втома. 5.4. Корозійна фретинг-втома металів.	5
5.	Вплив сірководню на корозійно-механічне руйнування металів 5.2. Корозійно-механічне руйнування металів та сплавів у середовищах, що містять сірководень. 5.3. Воднем ініційоване розтріскування (VIP), 5.4. Сірководневе розтріскування під навантаженням (СКРН).	6
6.	Методи підвищення опору корозійно-механічному руйнуванню металів та сплавів 6.2. Матеріалознавчі підходи: вибір стійких матеріалів, легування. 6.3. Технологічні методи: поверхнева обробка: покриття, пасивація, хіміко-термічна обробка. 6.4. Електрохімічний захист 6.5. Контроль параметрів середовища. Застосування інгібіторів.	6
Усього годин		32

6.2 Практичні заняття

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1.	Дослідження корозійної втоми зразка в потенціостатичному режимі з визначенням електродного потенціалу в процесі випробувань	3
2.	Застосування фрактографічного аналізу для оцінювання зародження, росту тріщини та зони долому (скануюча електронна мікроскопія)	2
3.	Металографічні дослідження шліфів зразків на предмет зародження та росту тріщини у матеріалі	3
Усього годин		8

6.3 Самостійна робота

№ з/п	Найменування робіт	Кількість годин
1.	Підготовка до лекційних занять за темами робочої програми	5
2.	Підготовка до практичних занять	5
3.	Підготовка до контрольних заходів	10
Усього годин		20

7. Методи діагностики знань

1. Опитування та допуск до виконання практичних робіт.
2. захист практичних робіт, в тому числі виконаних за індивідуальними завданнями.
3. Екзаменаційний контроль з письмовою та усною компонентами.

8. Критерії оцінювання результатів навчання студентів

Максимальна оцінка в балах				
Поточний контроль (ПК)		Екзаменаційний контроль		Разом за дисципліну
Форма поточного контролю та максимальні бали за виконані завдання	Разом за ПК	письмова компонента	усна компонента	
Підготовка, виконання та захист звітів з практичних робіт: – 1-2 бали за групову роботу; – 2-3 бали за роботу, виконану за індивідуальним завданням.	40	50	10	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	+A, A, -A	Відмінно
82-89	+B, B, -B	Дуже добре
74-81	+C, C, -C	Добре
64-73	+D, D, -D	Задовільно
60-63	E	Достатньо
35-59	FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання
0-34	F	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

9. Навчально-методичне забезпечення

1. Вказівки до виконання практичних робіт.
2. Завдання до проведення практичних робіт.

10. Рекомендована література

Базова

1. В.І.Похмурський, М.С.Хома Корозійна втома металів і сплавів.-Львів: Сполом, 2008.
2. Вакуленко І.О. Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Вид – во Дніпропетр. нац.ун –ту залізничного трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2011, 154с/
3. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. – К.: Либідь, 1993. – 540 с.
4. Milella, Pietro Paolo. Fatigue and corrosion in metals. Springer Science & Business Media, 2012.
5. В.А. Зайцев, О.В. Коваль Сучасні методи боротьби з корозією.- Харків: Техніка, 2014.
6. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5955761/mod_resource/content/1/CORROSION_AND_CORROSION_CONTROL_An_Intro%20%20Revie%20and%20Uhlig.pdf
7. Похмурський В. І. Корозійно-механічне руйнування зварних конструкцій / Похмурський В. І., Мелехов Р. К., Круцан Г. М. — К.: Наукова думка, 1995. — 262 с.
8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142112309002801>
9. Pradhan, A., Vishwakarma, M., & Dwivedi, S. K. (2020). A review: The impact of hydrogen embrittlement on the fatigue strength of high strength steel. Materials Today: Proceedings. doi:10.1016/j.matpr.2020.02.627/
10. George V. Karpenko, Nataliya D. Tomashov - "Corrosion Fatigue" (Springer, 2010).
11. Никифорчин Г.М. Дослідження тріщиностійкості з урахуванням адсорбційного ефекту корозивних середовищ // Фізико-хімічна механіка матеріалів / Під ред. В.В. Панасюка. – Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка, 2010. – С. 58–68.
12. Дмитрах І.М., Панасюк В.В. Вплив корозійних середовищ на локальне руйнування металів біля концентраторів напружень. – Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1999. – 343 с.
13. European structural integrity society. ESIS recommendations for stress corrosion testing using pre-cracked specimens: ESIS P4-92D. – Delft: ESIS, 1992.


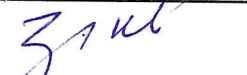
Допоміжна

1. Конспект лекцій з дисципліни «Механіка руйнування» для руйнування денної форми навчання за напрямом 6.060101 «Будівництво» та 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / Укладачі: П. В. Ясній, В. П. Ясній. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 116 с.
2. Алімов В.І. Корозія та захист металів від корозії : навч. посіб. для студ. техн. ВНЗ / В. І.Алімов, З. А. Дусягіна. - Донецьк : Сх. видав. дім, 2012. - 326 с
3. Особливості корозійного та механічного впливу рідких середовищ на корозійно-ерозійне руйнування сталей / Г. М. Никифорчин, О. Т. Цирульник, А. І. Бассараб, Я. М. Гладкий // Проблеми трибології. — 1999. – № 1. – С. 3–11.
4. Pokhmurs'kyi, V.I., Khoma, M.S., Vynar, V.A. et al. Efficiency of Protection Methods Against Corrosion-Fatigue Damage of D16T Aluminum Alloy. Strength Mater 53, 889–895 (2021).
5. Погребова І.С. Інгібітори корозії металів. Навчальний посібник. – Київ.: Хай-Тек Прес, 2012. – 296 с.

Періодичні видання:

1. «Фізико-хімічна механіка матеріалів»
2. «Проблеми міцності»
3. «Corrosion Science»
4. «Materials and Corrosion»

11. Узгодження з іншими навчальними дисциплінами

№ з/п	Назва навчальної дисципліни, щодо якої проводиться узгодження	Прізвище та ініціали викладача	Підпис
1.	Теоретичні основи електрохімічних методів дослідження корозії металів.	Хома М.С.	
2.	Основні принципи розроблення методів та засобів протикорозійного захисту металів	Зінь І.М.	

«ПОГОДЖЕНО»

Завідувач випускової кафедри
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор



Мирослав ХОМА