

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



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФМІ НАН України

З.Т. Назарчук

вересня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)**

**Проблеми корозійно-механічного руйнування обладнання
нафто- та газовидобувного комплексу, хімічної та
енергетичної промисловостей**

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 за вибором

(обов'язкова / за вибором)

мова викладання українська

Львів – 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)
«Проблеми корозійно-механічного руйнування обладнання нафто- та газовидобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей»

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	Вибіркова
Форма навчання	змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити (90 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Василів Христина Броніславівна, chrystyna.vasyliv@gmail.com
Розміщення курсу	www.ipm.lviv.ua; вільний доступ

2. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
Кількість кредитів/год.	3/90
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	50
• лекційні заняття, год.	32
• семінарські заняття, год.	–
• практичні заняття, год.	18
• лабораторні заняття, год.	–
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	40
• контрольні роботи, к-сть/год.	–
• розрахункові (розрахунково-графічні) роботи, к-сть/год.	–
• індивідуальне науково-дослідне завдання, к-сть/год.	–
• підготовка до навчальних занять та контрольних заходів, год.	40
Екзамен	–
Залік	1

3. Мета, завдання та результати навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «**Проблеми корозійно-механічного руйнування обладнання нафто- та газовидобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей**» розроблена для аспірантів зі спеціалізації «Хімічний опір матеріалів та захист від корозії» і має на меті надати їм необхідні знання щодо проблем, які виникають в результаті корозійно-механічного руйнування обладнання нафтогазо-видобувної, хімічної та енергетичної промисловостей, методів їх вирішення, а також для планування наукових досліджень в галузі корозії та протикорозійного захисту матеріалів. Аспіранти матимуть змогу закріпити набуті раніше знання з курсів «Теоретичні основи електрохімічних методів дослідження корозії металів», «Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів», «Сучасні тенденції у розвитку методів та засобів протикорозійного захисту металів», а також освоїти методи вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану металів.

3.1. Мета дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «**Проблеми корозійно-механічного руйнування обладнання нафтогазо-видобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей**» є висвітлити основні проблеми, які виникають на підприємствах нафтогазо-видобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей, пов'язані з корозійно-механічним руйнуванням металів в агресивних середовищах під дією зовнішніх та внутрішніх механічних напружень. В ході вивчення дисципліни аспірант повинен мати уявлення про різні види корозійно-механічного руйнування металів, їх механізми, методи дослідження та запобігання, вміти їх застосовувати при виконанні дисертаційної роботи.

3.2. Основні завдання вивчення навчальної дисципліни

- ознайомити аспірантів з основними проблемами корозійно механічного руйнування обладнання, що виникають на підприємствах нафтогазо-видобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей;
- забезпечити розуміння механізмів корозійно-механічного руйнування, включаючи фактори, що впливають на процес, такі як корозійна агресивність середовища, хімічні реакції та механічні напруги.
- дати аспірантам знання про сучасні методи захисту матеріалів від корозійно-механічного руйнування, такі як застосування захисних покриттів, використання корозійностійких сплавів та систем електрохімічного захисту корозійного розтріскування та корозійної втоми металів у середовищах різної агресивності;

3.3. Результати навчальної дисципліни

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

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати комплексні проблеми хімічних технологій та інженерії в галузі професійної та дослідницько-іноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та оцінювання сучасних наукових досягнень.

ЗК02. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК04. Здатність дотримуватись морально-етичних правил поведінки, правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях.

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.

ЗК08. Здатність опанування іноземної мови в обсязі достатньому для представлення та обговорення результатів своєї наукової роботи в усній та письмовій формі, а також для повного розуміння іншомовних наукових текстів з вибраних напрямків досліджень.

Фахові компетентності:

ФК01. Здатність виконувати (індивідуально або в науковій групі) оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерії.

ФК02. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми у сфері хімічного опору матеріалів та захисту від корозії, вибирати перспективні напрямки досліджень та забезпечувати їх якість.

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.

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:

Знання:

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій 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.

РН03. Глибоко розуміти загальні принципи та методи хімічних технологій та інженерії, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері хімічного опору матеріалів та захисту від корозії та у викладацькій практиці.

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.

РН06. Розуміти загальні принципи та методи створення нових протикорозійних матеріалів, в тому числі нанорозмірних та наноструктурованих матеріалів, та застосувати їх в сучасних технологіях та інженерії.

Уміння

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 для професійного росту.

РН11. Аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

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

Комунікація

PH14. Вміти вільно спілкуватися в іншомовному середовищі на професійному та соціальному рівнях, володіти навичками усної і письмової презентації результатів досліджень українською та іноземною мовами.

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).

Автономія і відповідальність

PH17. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.

PH18. Дотримуватись етичних норм, авторського права та норм академічної доброчесності під час наукових досліджень, презентації результатів, у своїй науково-педагогічній діяльності загалом.

PH19. Проводити науково-педагогічну роботу у відповідності до міжнародних стандартів.

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 під час 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	Теоретичні основи електрохімічних методів дослідження корозії металів.
2.	Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування металів та сплавів	Сучасні екологічно чисті інгібітори корозії та корозійно-механічного руйнування.
3.	Основні принципи розроблення методів та засобів протикорозійного захисту металів.	

5. Анотація навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «**Проблеми корозійно-механічного руйнування обладнання нафтогазо-видобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей**» відноситься до розділу хімії «Хімічний опір матеріалів та захист від корозії», 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 напруги. Дисципліна охоплює теоретичні основи взаємодії матеріалів з агресивними середовищами, визначення факторів, що впливають на корозійну стійкість, а також методи захисту від корозії. Аспіранти знайомляться з різними видами корозійного руйнування металів в агресивних середовищах за впливу механічних

напружень, що виникають на підприємствах нафтогазо-видобувного комплексу, хімічної та енергетичної промисловостей; із сучасними методами вивчення корозійно-механічних процесів та діагностики корозійного стану та пошкоджень металів, які дають змогу встановити основні причини корозійного розтріскування та корозійної втоми металів у середовищах різної агресивності. Розглядаються сучасні методи захисту матеріалів від корозії, такі як застосування захисних покриттів, використання корозійностійких сплавів та систем електрохімічного захисту. 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.	Вступ. Основні причини корозійно-механічного руйнування сталей і сплавів та методи їх дослідження 1.1. Хімічні та електрохімічні процеси, що спричиняють корозійне руйнування 1.2. Основні види корозійно-механічного руйнування (корозійне розтріскування, корозійна, адсорбційна, воднева втома, фретинг-втома). 1.3. Вплив механічних напруг та деформацій на корозійне руйнування. 1.4. Методи вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану	5
2.	Локальна корозія та корозійне розтріскування сталей і сплавів у хімічній промисловості 2.1. Закономірності та механізми локальної і пітингової корозії сталей і сплавів у корозійно активних середовищах. 2.2. Вплив природи і структури металів. 2.3. Вплив параметрів середовища. 2.4. Роль механічних навантажень.	5
3.	Корозійне розтріскування під напруженням та міжкристалітна корозія сталей та сплавів у хімічній промисловості 3.1. Корозійне розтріскування під напруженням у різних за природою корозивних середовищах. 3.2. Міжкристалітна корозійно-механічна корозія нержавіючих сталей у кислих середовищах та її механізми. 3.3. Вплив напружень на міжкристалітну корозію сплавів алюмінію, нікелю і титану. 3.4. Захист обладнання від міжкристалітної корозії.	5
4.	Корозійно-механічне руйнування в енергетичній промисловості 4.1. Корозія теплообмінного обладнання в оборотних водах 4.2. Закономірності і механізми пітингової та виразкової корозії теплообмінного обладнання 4.3. Дослідження схильності сталей до щільної корозії в оборотних водах 4.4. Корозійно-втомне руйнування з'єднань в газоохолоджувачах. Забезпечення надійності з'єднань у трубних решітках газоохолоджувачів турбогенераторів	5

5.	Вплив сірководню на корозійно-механічне руйнування обладнання в нафтогазовидобувному комплексі 5.1.Характеристики агресивних середовищ у нафтогазовидобувному комплексі. 5.2.Корозійно-механічне руйнування сталей та сплавів у середовищах, що містять сірководень. 5.3.Суцільна та виразкова корозія сталей з одночасним наводнюванням, 5.4.Воднем ініційоване розтріскування (ВІР), 5.5.Сірководневе розтріскування під навантаженням (СКРН).	4
6.	Вплив структурно-фазового стану і дефектності сталей на корозійно-механічне руйнування обладнання в середовищі пластових вод у нафтогазовидобуванні 6.1.Особливості корозії сталей та сплавів у хлоридвмісних середовищах (пластові води) під навантаженням. 6.2.Вплив структурно-фазового стану і дефектності сталей на корозійномеханічне руйнування. Роль корозійноактивних включень у корозійно-механічному руйнуванні сталей. 6.3.Методи захисту від корозії у нафтогазовидобувному комплексі (використання корозійностійких матеріалів, антикорозійних покриттів, інгібіторів корозії, постійний моніторинг стану обладнання)	4
7.	Сучасні методи захисту обладнання від корозійно-механічного руйнування в агресивних середовищах 7.1.Матеріалознавчі підходи: вибір стійких матеріалів, легування. 7.2.Технологічні методи: поверхнева обробка: покриття, пасивація, хіміко-термічна обробка. 7.3.Електрохімічний захист 7.4.Контроль залишкових напружень. Обмеження механічних навантажень. 7.5.Контроль параметрів середовища. Застосування інгібіторів.	4
Усього годин		32

6.2 Практичні заняття

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1.	Застосування інструментальних методів вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану (електрохімічні).	3
2.	Застосування інструментальних методів вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану (електроімпедансні).	3
3.	Застосування інструментальних методів вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану (електронна мікроскопія)	3
4.	Застосування інструментальних методів вивчення корозійно-механічних процесів та оцінки корозійного стану (структурно-фазовий аналіз).	3
5.	Застосування гравіметричного методу оцінки корозійного стану.	3
6.	Застосування аналітичних методів оцінки корозійного стану (титрування, колориметрія).	3
Усього годин		18

6.3 Самостійна робота

№ з/п	Найменування робіт	Кількість годин
1.	Підготовка до лекційних занять за темами робочої програми	10
2.	Підготовка до практичних занять	20
3.	Підготовка до контрольних заходів	10
Усього годин		40

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. Г.С. Францевич, А.А. Чернов Методи боротьби з корозією металів.- Київ: Наукова думка, 2000.
2. Бондаренко, О.М. Барановський Корозія і захист металевих конструкцій у нафтогазовидобувній промисловості. - Київ: Наукова думка, 2010.
3. В.Ф. Москаленко, О.О. Савченко Корозійно-механічне руйнування та методи захисту обладнання. - Київ: ІМФЕ ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2015.
4. В.С. Осипов, І.П. Кириленко Корозійно-механічні руйнування в енергетичній промисловості. - Київ: ІЕЕ НАН України, 2011.
5. Ю.М. Тартаковський, О.В. Драга, В.П. Самойленко Корозійно-механічне руйнування обладнання хімічної промисловості. - Київ: Хімічна інженерія, 2012.
6. В.П. Сидоренко, В.В. Лисенко Захист від корозії у нафтогазовидобувній промисловості. - Київ: Вид-во КПІ, 2014.
7. Кузюков А.М. Теорія і практика корозії і захисту металів і обладнання хімічних і нафтохімічних виробництв. - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2004.
8. В.І.Похмурський, М.С.Хома Корозійна втома металів і сплавів.-Львів: Сполом, 2008.
9. Кузюков А.М. Міжкристалітне корозійномеханічне руйнування металів . - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006.
10. О.Г. Федотов, М.В. Лаптев Корозійна стійкість обладнання у хімічній промисловості . - Київ: Наукова думка, 2013.
11. С.Б. Беліков, О.Е.Нарівський, М.С.Хома Пітингова корозія теплообмінників в оборотних водах та її прогнозування.- Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019.
12. О.Е. Нарівський, М.С.Хома, Н.Б.Рацька Локальна корозія теплообмінного обладнання та її прогнозування і попередження. – Запоріжжя-Львів, 2024
13. В.А. Зайцев, О.В. Коваль Сучасні методи боротьби з корозією.- Харків: Техніка, 2014.
14. В.М. Петров, О.П. Дяченко Корозійно-механічне руйнування енергетичного обладнання.- Київ: Енергетика, 2017.
15. М.А. Кравець, О.І. Нестеренко Корозійний захист обладнання в агресивних середовищах.- Дніпро: Дніпропетровський національний університет, 2013.

Допоміжна

1. J.R. Davis (Editor) - "Corrosion: Understanding the Basics" (ASM International, 2000).
2. R.W. Revie, H.H. Uhlig - "Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering" (John Wiley & Sons, 2008).
3. Pierre R. Roberge - "Handbook of Corrosion Engineering" (McGraw-Hill, 2000).
4. George V. Karpenko, Nataliya D. Tomashov - "Corrosion Fatigue" (Springer, 2010).

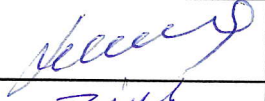
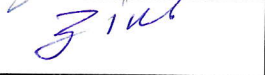
Періодичні видання:

1. "Corrosion Science"
2. "Materials and Corrosion"
3. "Corrosion Engineering, Science and Technology"

Інформаційні ресурси

1. [NACE International](#) - глобальна організація з боротьби з корозією.
2. [Corrosionpedia](#) - інформаційний ресурс про корозію.

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