

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Фізико-механічного
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України



З.Т. Назарчук
2020 р.

Силабус

для вивчення дисципліни «**Фізико-хімічна механіка матеріалів**» для
аспірантів, спеціальність 132 «Матеріалознавство» Фізико-механічний
інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України.

1. Викладачі

Звірко Ольга Іванівна, зав. відділу, д.т.н.

Контактний телефон: (032) 263-21-33; E-mail: olha.zvirko@gmail.com

Наукові інтереси: корозія та корозійно-механічне руйнування конструкційних матеріалів; експлуатаційна деградація матеріалів; захист від корозії та корозійно-механічного руйнування; водневе матеріалознавство; розроблення наноструктурованих конструкційних матеріалів; технічне діагностування.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«**Фізико-хімічна механіка матеріалів**» спеціальність 132
«Матеріалознавство», код: 132, кількість кредитів – 3.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ФМІ НАН України; (ГК, кім. 67, 35) відповідно до розкладу.

1. 4. Пререквізити навчальної дисципліни: знати наукові засади створення матеріалів з високою міцністю, тріщиностійкістю і довговічністю; володіти знаннями про вплив різного роду чинників локальної і глобальної дії на структуру та властивості сталей; вміти обґрунтовувати закономірності зміни структурно-фазового стану і фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів; вміти використовувати сучасні методи діагностування технічного стану матеріалів та оцінювати міру експлуатаційної пошкодженості; володіти теоретичними знаннями про фізику та механіку руйнування та мати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані базові знання з фізико-хімічної механіки руйнування матеріалів для дослідження та прогнозування процесів втрати міцності і довговічності матеріалів у робочих середовищах, в тому числі і у водні, буде освоєно основні види та закономірності корозійно-механічного руйнування металів та визначальні чинники впливу на нього, буде освоєно побудову базових діаграм тріщиностійкості, методику визначення порогового значення корозійної тріщиностійкості; буде освоєно методику оцінки інгібіторного захисту металів.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «**Фізико-хімічна механіка матеріалів**» входить до варіативної складової ОНП. Об'єм навчального навантаження складає 3 кредити, із них 32 годин – лекції, 8 годин – практичні, 50 годин – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкового відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісні і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

6. Характеристика дисципліни.

Завдання учбової дисципліни: ознайомити аспірантів з природою явищ, які виникають під час взаємодії агресивних середовищ з напруженим металом, механізмів їх розвитку та засобів нівелювання їх негативного впливу на властивості металів; розвинути навички оцінювання можливостей розвитку різних видів корозійно-механічного руйнування металів.

Мета викладання дисципліни – опанування основами механіки квазікрихкого руйнування матеріалів під дією корозійних середовищ та водневого окрихчення.

План викладання дисципліни.

Назва тем змістовних модулів	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	самостійна робота
Змістовний модуль 1. Механіка квазікрихкого руйнування матеріалів під дією корозійних середовищ			
Тема 1. Вихідні положення фізико-хімічної механіки конструкційних матеріалів. Концепції про дію середовищ на деформоване тіло. Модельні схеми процесів. Фізика поверхні і особливості взаємодії з нею поверхнево-активних середовищ. Фізичні моделі поверхні та пов'язані з нею величини (поверхнева енергія, натяг). Модель терас.	5	2	3

Фізична та хімічна адсорбція. Ізотерми адсорбції.			
Тема 2. Вплив адсорбції середовища на міцність кристалів. Ефект Ребіндера. Застосування теорії Гріффітса до вивчення зміни міцності твердого тіла у результаті адсорбції нав-колишнього середовища. Поверхнева енергія матеріалів, які зазнали впливу деяких поверхнево-активних середовищ.	5	2	2
Тема 3. Корозійне руйнування металів під напруженням. Корозійне розтріскування матеріалу. Статична діаграма корозійної тріщиностійкості матеріалу. Корозійна втома. Циклічна діаграма корозійної тріщиностійкості матеріалу. Електрохімічні процеси в вершині тріщини. Методика досліджень електрохімічного стану в вершині стаціонарної тріщини та тріщини, яка розвивається, під час випроб на корозійну тріщиностійкість. Загальні закономірності вивчення електрохімічної ситуації в вершині стаціонарної тріщини та тріщини, яка розвивається. Модель поширення тріщини з врахуванням впливу середовища на формування зони передруйнування навколо вершини тріщини в деформованому матеріалі під дією на нього корозивного середовища.	5	2	3
Тема 4. Діаграма корозійної тріщиностійкості матеріалів – вихідні характеристики розрахунку їх довговічності. Проблема неоднозначності діаграм корозійної тріщиностійкості матеріалу. Отримання інваріантних діаграм корозійної тріщиностійкості матеріалу. Врахування геометрії корозійної тріщини під час побудови однозначних діаграм корозійної тріщиностійкості.	5	2	3
Тема 5. Побудова базових діаграм тріщиностійкості. Проблема вибору та обґрунтування базової діаграми корозійної тріщиностійкості матеріалу. Побудова інваріантних діаграм корозійної тріщиностійкості матеріалу, які відповідають граничним (екстремальним) електрохімічним станам, що реалізуються для даної системи	5	2	3

метал-середовище в вершині корозійної тріщини.			
Тема 6. Порогове значення корозійної тріщиностійкості металів. Методика визначення порогового значення корозійної тріщиностійкості під час статичного навантаження. Прискорений метод визначення порогового значення корозійної тріщиностійкості. Критерій старту корозійної тріщини. Порогове значення циклічної корозійної тріщиностійкості матеріалу.	5	2	3
Тема 7. Механізми корозійного руйнування металів та оцінка їхнього впливу на швидкість росту тріщини. Водневе окрихчення. Адсорбційний механізм. Методика кількісної оцінки інтенсивності механізмів анодного розчинення та водневого окрихчення.	5	2	3
Тема 8. Оцінка ефективності інгібіторного захисту металів від корозійного та корозійно-механічного руйнування. Методика оцінки оптимальної концентрації інгібітора. Методика оцінки ефективності інгібіторного захисту металів за заданої довжини тріщини. Спосіб класифікації інгібіторів.	6	2	4
Змістовний модуль 2. Механіка квазікрихкого руйнування металів під час їх водневого окрихчення			
Тема 1. Загальна характеристика проблеми. Вивчення впливу водню на опір металів руйнуванню. Водневе деградування металів. Воднева корозія. Деструкція металів внаслідок перенасичення воднем частини їхнього об'єму. Водневе окрихчення.	5	2	3
Тема 2. Феноменологія водневого окрихчування металів. Вплив водню на міцнісні характеристики металів. Діаграма заповільненого руйнування металів під дією водню.	5	2	3
Тема 3. Основні етапи процесів водневого окрихчування в системах <i>метал-середовище</i> . Вироблення водню в системі метал-середовище і доставка його до металу. Поверхневі взаємодії і проникнення водню у метал. Стан і поведінка водню всередині металу. Вплив водню на зародження і	5	2	3

розвиток руйнування.			
Тема 4. Застосування підходів механіки руйнування матеріалів до аналізу водневого окрихчування металів. Система параметрів та функціональних зв'язків, що відображає закономірності поширення тріщин у тілах та конструкціях, які перебувають під впливом навантажень та воденьвмісних середовищ.	5	2	3
Тема 5. Теоретична модель обумовленого воднем росту тріщин в металах. Якісна модель обумовленого воднем росту тріщин в металах. Дислокаційно-декогезивна концепція і критерій мікроруйнування. Макроскопічний критерій руйнування в точці тіла за наявності водню.	5	2	3
Тема 6. Накопичення водню в зоні передруйнування. Задача про дифузію водню в полі механічних напружень у вершині тріщини. Визначення розподілу концентрації водню в сталях в зоні передруйнування.	5	2	3
Тема 7. Спрощена модель обумовленого воднем росту макротріщин. Модель для аналізу росту макротріщини у деформованому металевому тілі під дією воденьвмісного середовища. Умова локального руйнування – росту тріщини під дією водню.	5	2	3
Тема 8. Алгоритм розрахунку деталей машин на довготривалу міцність у середовищі водню.	6	2	4
Разом	82	32	50

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Обсяг в годинах	Назва та стислий зміст роботи	Мета роботи
2	Визначення ефективної по-верхневої енергії матеріалів, які зазнали впливу деяких поверхнево-активних середовищ.	Освоїти методику та результати експериментів із визначення γ_{ef} матеріалів, які зазнали впливу деяких поверхнево-активних середовищ.
2	Методика визначення порогового значення корозійної тріщиностійкості під час статичного	Освоїти методику розрахунку порогового значення корозійної тріщиностійкості під час

	навантаження	статичного на-вантаження.
2	Оцінка ефективності інгібі-торного захисту металів від корозійного та корозійно-механічного руйнування	Освоїти методику оцінки ефективності інгібіторного захисту металів за заданої довжини тріщини.
2	Оцінка довговічності деталі з тріщинами в середовищі вод-ню	Ознайомитись із методикою оцінки довговічності деталі турбоагрегата з двома тріщинами в середо-вищі водню
8	Разом	

7. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування, виконання та захист практичних робіт; виконання поточних контрольних робіт та екзаменаційна оцінка.

Екзамен проводиться відповідно до розкладу. Екзамен включає відповіді на шість питань: три питання з екзаменаційного білету та три додаткових питання. Оцінка відповідей на запитання: з екзаменаційного білету – 25%; додаткові – 7%. Оцінка за індивідуальне опитування – до 4%.

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	добре
74–81	+C, C, -C	задовільно
64–73	+D, D, -D	
60–63	E	незадовільно з можливістю повторного складання іспиту
36–59	FX	незадовільно з обов'язковим повторним складанням іспиту
0–34	F	

8. Список базової літератури

1. Панасюк В.В. Механика квазіхрупкого руйнування матеріалів / В.В. Панасюк. – К.: Наук. думка, 1991. – 416 с.
2. Механика руйнування и прочность материалов: в 4-х т. Т. 4: Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов / О.Н. Романив,

С.Я. Ярема, Г.Н. Никифорчин и др.; под общ ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1990. – 680 с.

3. Мелехов Р.К., Похмурський В.І. Конструкційні матеріали енергетичного обладнання. Властивості, деградація. – К.: Наук. думка, 2003. – 384 с.

4. 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. – 342 с.

5. Корозійно-механічне руйнування зварних конструкцій / В.І. Похмурський, Р.К. Мелехов, Г.М. Круцан, В.Г. Здановський. – К.: Наук. думка, 1995. – 263 с.

6. Похмурський В.І., Хома.М.С. Корозійна втома металів і сплавів. – Львів: СПОЛОМ, 2008. – 304 с.

7. Дмитрах І.М., Сиротюк А.М., Лещак Р.Л. Руйнування та міцність трубних сталей у водневовмісних середовищах. – Львів: ПРОСТІР-М, 2020. – 222 с.

Додаткова література:

1. Антропов Л.И. Ингибиторы коррозии металлов / Л.И. Антропов, Е.Н. Макушин, В.Ф. Панасенко. – К.: Техника, 1981. – 184 с.

2. Кеше Г. Коррозия металлов / Г. Кеше. – М.: Металлургия, 1984. – 400 с.

3. Стечишин М.С. Коррозія і захист від корозії / М.С. Стечишин, В.П. Олександренко, Ю.М. Білик. – Хмельницький, 2015. – 197 с.

4. Томашов Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – М.: Металлургия, 1986. – 358 с.

5. Бліхарський З.Я. Залізобетонні конструкції в агресивному середовищі за дії навантаження та їх підсилення / З.Я. Бліхарський. – Львів, 2011. – 296 с.

6. Філатов Г. Математичне моделювання процесів корозійного руйнування під напруженням / Г. В. Філатов. – Дніпропетровськ, 2012. – 208 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

д.т.н., проф.



І.М. Погрелюк