

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор

Фізико-механічного інституту

ім. Г.В. Карпенка НАН України

академік НАН України

**Зіновій НАЗАРЧУК**

28 листопада 2023 р.



**Силабус з навчальної дисципліни**

**“ Фізико-хімічна механіка матеріалів ”,**

**що викладається в межах освітньо-професійної програми ГСВО  
підготовки доктора філософії з галузі знань 11 - Математика та  
статистика спеціальності 113 - Прикладна математика**

**Львів 2023**

<b>Назва дисципліни</b>	Фізико-хімічна механіка матеріалів (ФХММ)
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України м. Львів, вул. Наукова, 5
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11- математика та статистика 113 – прикладна математика
<b>Викладач дисципліни</b>	Андрейків Олександр Євгенович, д.т.н., професор
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:oleksandr.andreykiv@lnu.edu.ua">oleksandr.andreykiv@lnu.edu.ua</a> ;
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Інформація про дисципліну</b>	Спецкурс “Фізико-хімічна механіка матеріалів” є важливим у забезпеченні спеціалізації в області механіки деформівного твердого тіла. Спецкурс передбачає вивчення сучасних уявлень про вплив поверхнево-активних, воденьвмісних та корозійно-агресивних середовищ на деформування і руйнування металевих матеріалів, а також визначення ресурсу (залишкового ресурсу) елементів конструкцій за дії силових та фізико-хімічних факторів.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Фізико-хімічна механіка матеріалів” є нормативною дисципліною освітньо-професійної програми ГСВО підготовки аспіранта з галузі знань 11 - математика та статистика спеціальності 113 - прикладна математика, яка викладається в обсязі 3-ьох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни “ Фізико-хімічна механіка матеріалів ” є освоєння аспірантами необхідних теоретичних знань і практичних навиків, які дозволять будувати математичні моделі впливу експлуатаційних агресивних середовищ на руйнування конструкційних матеріалів за довготривалого статичного навантаження і розробити на цій основі методи визначення залишкової міцності і довговічності елементів конструкцій довготривалої експлуатації.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова:</b> 1.Андрейків О.Є., Скальський В.Р., Долінська І.Я. Заповільнене руйнування матеріалів за локальної повзучості. Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 400 с. 2.Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с. 3.Андрейків О.Є., Гембара О.В. Механіка руйнування та довговічність металевих матеріалів у водневмісних середовищах. – К: Наукова думка, 2008. – 344 с. 4.Дмитрах І. М., Сиротюк А. М., Лещак Р. Л. Руйнування та міцність трубних сталей у водневовмісних середовищах. – Львів. ПРОСТІР-М, 2020. – 222 с. 5.Рудавський Д.В. Залишковий ресурс металевих елементів конструк-

	<p>цій у водневмісних середовищах. – К.: Наукова думка, 2011. – 206 с.</p> <p>6. Антропов Л. І. Теоретична електрохімія. – К.: Либідь, 1993. – 544 с.</p> <p>7. Яцимирський А.В., Болдирева О.Ю., Роїк О.С. Фізична хімія. Електрохімія. – К.: Київ.ун-т, LAT&amp;K, 2015. – 138 с.</p> <p>8. Тульський Г.Г., Артеменко В.М., Дерібо С.Г. Теоретична електрохімія. Частина 1. Навчальний посібник. – Харків: Видавництво Іванченко І.С., 2019. – 183 с.</p> <p><b>Допоміжна:</b> Періодичні видання: 1. Фізико-хімічна механіка матеріалів.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 90 годин. Аудиторних занять: 40 год., з них 32 год. лекцій та 8 годин практичних робіт, самостійної роботи: 50 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу аспірант буде:</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вплив поверхнево-активних середовищ на характеристики деформування і руйнування твердих тіл;</li> <li>- вплив воденьвмісних середовищ на деформування і руйнування металевих матеріалів;</li> <li>- вплив корозійно-агресивних середовищ на деформування і руйнування металевих матеріалів.</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- визначати залишковий ресурс металевих елементів конструкцій за дії довготривалого статичного розтягу і воденьвмісних середовищ;</li> <li>- оцінювати залишковий ресурс металевих елементів конструкцій за дії довготривалого статичного розтягу і корозійно-агресивних середовищ.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Фізико-хімічна механіка матеріалів, агресивні середовища, воденьвмісні середовища, корозійно-агресивні середовища, ресурс (залишковий ресурс) елементів конструкцій, розрахункові моделі.
<b>Формат курсу</b>	Очний, дистанційний Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основні постулати ФХММ.</li> <li>2. Вплив стану поверхні і поверхнево-активних речовин на процеси деформації і руйнування твердих тіл.</li> <li>3. Вплив стану поверхні на пластичність кристалів.</li> <li>4. Вплив адсорбції на міцність твердих тіл.</li> <li>5. Закономірності впливу водню на ріст тріщин в металах. Загальна характеристика суті проблеми водневої деградації металів і її стану на початок ХХІ століття.</li> <li>6. Дія водню на міцність і руйнування металів. Адсорбція водню. Вплив водню на поверхневу енергію.</li> <li>7. Розчинність водню, його взаємодія з ґраткою металу та дефектами. Дифузія водню у металах.</li> <li>8. Основні види водневої деградації. Аналіз основних механізмів впливу водню на деформування і руйнування заліза і сталей.</li> <li>9. Воднево-механічне руйнування металічних матеріалів. Розподіл дифузійного водню в околі вершини тріщини в деформованому металі.</li> <li>10. Кінетика поширення тріщин у металах при дії газоподібного водню і довготривалих статичних навантажень. Електрохімічна ситуація біля поверхні металу в електроліті при його наводненні.</li> </ol>

	<p>11. Деякі положення теорії електрохімічної корозії металів.</p> <p>12. Знаходження електричних полів в розчинах електролітів біля різнопотенційних поверхонь металу.</p> <p>13. Первинне електричне поле в електроліті біля смугоподібного дефекту поверхні металу.</p> <p>14. Первинне електричне поле в електроліті для клиновидного розрізу. Первинне електричне поле для тріщини між діелектричним покриттям і металом.</p> <p>15. Розподіл струмів біля пошкодження кругової форми покриття металевого тіла. Дифузія в розчині електроліту іонів водню до поверхні металу.</p> <p>16. Визначення концентрації водню в зоні передруйнування біля вершини корозійно-втомної тріщини.</p>
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення курсу аспіранти потребують базових знань з дисциплін</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опір матеріалів;</li> <li>- теорія пружності і пластичності;</li> <li>- основи механіки крихкого руйнування;</li> <li>- фізика твердого тіла;</li> <li>- фізична хімія;</li> </ul> <p>достатніх для сприйняття методів досліджень впливу агресивних середовищ (поверхнево-активних воденьвмісних і корозійних) на міцність, деформування і руйнування металевих матеріалів.</p>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Презентації, лекції, Індивідуальні завдання</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Комп'ютер із програмним забезпеченням ZOOM для демонстрації лекцій, Internet.</p>
<b>Письмові роботи:</b>	<p>Очікується, що аспіранти виконають дві письмові роботи (тест з теоретичних завдань);</p>
<b>Академічна доброчесність:</b>	<p>очікується, що роботи аспірантів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших аспірантів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі аспіранта є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p>
<b>Відвідання занять</b>	<p>є важливою складовою навчання. Очікується, що всі аспіранти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Аспіранти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку аспіранти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p>
<b>Література.</b>	<p>Уся література, яку аспіранти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Аспіранти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p>
<b>Питання до</b>	<p>1. Механізми впливу поверхнево-активних речовин на поверхневі</p>

<b>екзамену</b>	<p>властивості матеріалів.</p> <p>2. Негативні властивості водню.</p> <p>3. Основні характеристики, що визначають дифузію водню в металевий матеріал.</p> <p>4. Найбільш руйнівна корозія по відношенню до металевих матеріалів.</p> <p>5. Електроліт.</p> <p>6. Основні механізми дії середовища, які враховуються при моделюванні поширення корозійно механічних тріщин.</p> <p>7. Концентрація водню в зоні передруйнування біля контуру тріщини.</p> <p>8. Негативна дія водню на металеві матеріали.</p> <p>9. Ресурс біметалевого елемента за дії водню і довготривалого статичного навантаження та змінних температурних полів.</p> <p>10. Як змінюється ресурс металевих елементів конструкцій за дії на них корозійно-агресивних середовищ?</p> <p>11. При визначенні залишкового ресурсу труб з поверхневими тріщинами за дії внутрішнього довготривалого тиску і корозійного середовища, який є основний критерій вичерпання їх довговічності?</p> <p>12. Як змінюється поверхнева енергія металевих матеріалів при дії на його поверхню водню?</p> <p>13. Ефект Ребіндера.</p> <p>14. Ефект зменшення поверхневої енергії внаслідок фізичних або хімічних процесів на поверхні твердих тіл.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

### 7. Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів освіти

<b>Максимальна оцінка в балах</b>				
<b>Поточний контроль (ПК)</b>		<b>Екзаменаційний контроль</b>		<b>Разом за дисципліну</b>
Захист звітів про виконання лабораторних (10 балів) та практичних (20 балів) робіт шляхом усного опитування або тестового контролю теоретичного матеріалу.	<b>Разом за ПК</b>	<b>письмова компонента</b>	<b>усна компонента</b>	
	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Порядок та критерії виставлення балів та оцінок

Критерії оцінювання знань та вмінь аспіранта за результатами вивчення навчального матеріалу модуля у 100-бальній шкалі та шкалі ECTS:

- 100–88 балів – оцінка А («відмінно») виставляється за високий рівень знань (допускаються деякі неточності) навчального матеріалу, що міститься в основних і додаткових рекомендованих літературних джерелах, вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їхньому взаємозв'язку і розвитку, чітко, лаконічно, логічно, послідовно відповідати на поставлені запитання, вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- 87–80 балів – оцінка В («дуже добре») виставляється за знання навчального матеріалу вище від середнього рівня, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені запитання (можлива невелика кількість неточностей), вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- 79–71 бал – оцінка С («добре») виставляється за загалом правильне розуміння навчального матеріалу модуля, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені запитання, які, однак, містять певні (неістотні) недоліки, за вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

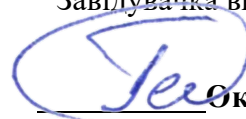
- 70–61 бал – оцінка D («посередньо») виставляється за посередні знання навчального матеріалу модуля, мало аргументовані відповіді, слабе застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних задач;

- 60–50 балів – оцінка E («задовільно») виставляється за слабкі знання навчального матеріалу модуля, неточні або мало аргументовані відповіді, з порушенням послідовності викладення, за слабе застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних задач;

- 49–0 балів – оцінка F виставляється за незнання значної частини навчального матеріалу, істотні помилки у відповідях на запитання, невміння орієнтуватися під час розв'язання практичних задач, незнання основних фундаментальних положень. Методика розподілу та нарахування балів здобувачам вищої освіти регламентована

**ПОГОДЖЕНО:**

Завідувачка випускової кафедри



проф. д.т.н.

**Оксана ГЕМБАРА**