

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України
академії НАН України



28 листопада 2023 р.

СИЛАБУС

для вивчення дисципліни

**«Технічна діагностика матеріалів, виробів і елементів конструкцій»
для аспірантів, спеціальність 113 «Прикладна математика»
Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України.**

1. Викладач

Долінська Ірина Ярославівна, д.т.н., головний науковий співробітник.

Контактний телефон: (032)299-68-75, ira_dolinska@ukr.net

Наукові інтереси: Математичне моделювання хвильових процесів у твердих тілах з тріщинами. Вивчення методик неруйнівного контролю та технічної діагностики (методи акустичної та магнетоакустичної емісії). Опрацювання діагностичної інформації за допомогою сучасних підходів. Побудова методик діагностування пошкодженості методом АЕ конструкційних матеріалів різної природи.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«Технічна діагностика матеріалів, виробів і елементів конструкцій», спеціальність 113 «Прикладна математика», кількість кредитів – 3.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України; відповідно до розкладу.

4. Пререквізити навчальної дисципліни: знати основи прикладного та диференціального числення; володіти поняттями коливань та хвильових

процесів, оптики, теплоти, магнетизму; мати знання про напружений та деформований стани твердих тіл, епюри внутрішніх сил та напруження в перерізі, про критерії міцності механіки руйнування; знати основні поняття про ймовірнісні методи в математиці та опрацюванні інформації; оперувати основами планування та опрацювання результатів експерименту.

Постреквізити: у результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання про класифікацію видів і методів неруйнівного контролю (НК), специфіку і моделі діагностичного процесу; прикладне застосування найпоширеніших методів НК (акустичної емісії (АЕ), ультразвукового, вихрострумового, магнетного, теплового); математичні моделі джерел АЕ; деякі аспекти методології діагностування пошкодженості методом АЕ; формулювання задач про генерування АЕ під час поширення тріщин; параметри полів переміщень внаслідок поширення тріщиноподібних дефектів; кінетичні рівняння взаємозв'язку параметрів тріщин і сигналів АЕ.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «Технічна діагностика матеріалів, виробів і елементів конструкцій» є обов'язковим. Об'єм навчального навантаження складає 3 кредити із них 32 год. – лекції, 8 год. – практичні, 50 год. – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкового відвідування аудиторних та практичних занять, активну участь в обговорення питань, своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

6. Характеристика дисципліни.

Завдання учбової дисципліни. Освоїти сучасні уявлення про технічне діагностування матеріалів, виробів та елементів конструкцій.

Мета викладання дисципліни – вивчення та засвоєння методів і засобів технічної діагностики конструкційних матеріалів, що побудовані на використанні методів неруйнівного контролю.

План викладання дисципліни.

| Назва тем змістовних модулів | Кількість годин | | |
|--|-----------------|--------------|-------------------|
| | усього | у тому числі | |
| | | аудиторні | самостійна робота |
| Модуль 1 | | | |
| Змістовний модуль 1. Загальні питання технічної діагностики | | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Тема 1. Загальні питання технічної діагностики:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основні терміни, поняття та визначення; - мета технічної діагностики; - діагностування об'єкта на різних стадіях життєвого циклу; - структура технічної діагностики; - принцип діагностування та контролю; - приклади технічної діагностики. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 2. Концепції застосування НК. Типи дефектів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - концепції застосування НК з позицій механіки руйнування: концепція «безпечної роботи» та «безпечного пошкодження»; - найпоширеніші типи дефектів конструкційних сталей та їх класифікування; - дефекти зварних з'єднань. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 3. Інформаційна модель системи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - елементи контрольно-діагностичного процесу та їх взаємозв'язок; - інформаційно-енергетична модель контрольно-діагностичного процесу; - джерела контрольно-діагностичної інформації; - методологічні аспекти НК; - інформаційна модель системи НК; - фізичне формулювання задачі НК. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 4. Класифікація видів і методів НК конструкційних матеріалів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - класифікація видів і методів НК конструкційних матеріалів; - ознаки класифікування методів НК; - види НК: магнітний, електричний, електромагнітний (вихрострумний), радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний і проникаючих речовин, органолептичний, візуальний, візуалізація та фотографування у полях високої напруженості, електрогазодинамічний. | 5 | 2 | 3 |
| Модуль 2 | | | |
| Змістовний модуль 2. Характеристика методів НК | | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Тема 1. Акустичні методи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типи пружних хвиль; - акустико-емісійний метод; - параметри сигналів АЕ та усталена термінологія; - особливості реалізації і побудови апаратурних засобів; - методи боротьби із завадами під час відбору корисних сигналів акустичної емісії. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 2. Поняття об'ємної пошкодженості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методики акустико-емісійної оцінки об'ємної пошкодженості матеріалів; - визначення моменту початку росту макротріщини під квазістатичним навантаженням та нижнього порогового коефіцієнта інтенсивності напружень, стадій докритичного розвитку тріщин. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 3. Ультразвукові методи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - види ультразвукових методів і засоби НК матеріалів і виробів; - ультразвукова томографія. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 4. Вихрострумний метод НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - глибина проникнення електромагнітного поля у провідне середовище, її залежність від характеристик матеріалу та робочої частоти; - типи вихрострумних перетворювачів; - визначення параметрів дефектів за даними вихрострумного НК. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 5. Магнетний контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> - доменна структура феромагнетиків; - основні властивості феромагнетних матеріалів, петля гістерезису та її параметри; - магнетом'яккі та магнетотверді матеріали; - види магнетного контролю. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 6. Електричний контроль. Оптичні методи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фізична суть методу електричного контролю; - електроємнісний та електропотенційний методи; | 5 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - метод електропору; - електроіскровий та трибоелектричний методи; - метод екзоелектронної емісії; - методи і засоби оптичної мікроскопії для діагностування поверхонь матеріалів і зварних з'єднань; - електронна спеклінтерферометрія. | | | |
| <p>Тема 7. Тепловий та радіаційні методи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теплові поля в однорідному середовищі та середовищі з несучільностями; - метод інфрачервоної емісії; - розсіяння теплових полів у металоконструкціях під напруженням; - тепловізори; - автоматизація процесу розшифрування та опрацювання інформації, критерії бального оцінювання; - промислова класична та обчислювальна томографія. | 6 | 2 | 4 |
| Модуль 3 | | | |
| Змістовний модуль 3. Математичні основи діагностування матеріалів та елементів конструкцій | | | |
| <p>Тема 1. Математичні моделі джерел АЕ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - моделювання утворення та розвитку дефектів як джерел АЕ; - тріщина як об'ємне джерело АЕ; - кореляція тріщинотривкості матеріалів із параметрами АЕ. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 2. Математичні моделі утворення і субкритичного росту тріщини:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оцінка сигналів АЕ під час утворення дископодібної тріщини в пружному тілі за навантаження розтягу; - деякі аспекти методології діагностування пошкодженості методом акустичної емісії. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 3. Залежність між величиною стрибка тріщини та коефіцієнтом інтенсивності напружень:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулювання задач про генерування АЕ під час поширення тріщин. | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 4. Динамічні поля переміщень</p> | 6 | 2 | 4 |

| | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| <p>внаслідок розвитку тріщин:</p> <ul style="list-style-type: none"> - динамічні поля переміщень під час стрибка наскрізної тріщини; - величина стрибка тріщини та напрямленість АЕ-випромінювання; - стрибок тріщини довільної форми і метод порівняння полів переміщень для оцінки параметрів пружного поля; - поля переміщень під час поширення внутрішньої тріщини в елементі конструкції; - вплив об'ємних хвиль на переміщення поверхні. | | | |
| <p>Тема 5. Моделювання випромінювання пружних хвиль під час утворення мікротріщин у зоні інтенсивних пластичних деформацій:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулювання розрахункової моделі випромінювання сигналів АЕ; - розв'язок сформульованої задачі та обговорення результатів; - утворення системи дископодібних тріщин; - утворення мікротріщин у пластичній зоні біля макротріщини; - кінетичні рівняння взаємозв'язку параметрів тріщин і сигналів АЕ. | 5 | 2 | 3 |
| Разом | 82 | 32 | 50 |

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

| Назва та стислий зміст роботи | Мета роботи | Кількість годин |
|---|---|-----------------|
| <p>1. Застосування методів тензометрування для визначення величин деформації та зусиль навантаження.</p> | <p>Ознайомитись із конструкцією та принципом роботи тензорезисторів, методикою розрахунку пружних елементів тензометричних вимірювачів деформацій та сили, навчитись підбирати тензорезистори для мостової вимірювальної схеми, конструктивно оптимізувати розміри пружних елементів та напругу живлення мостової схеми, виходячи з конкретно</p> | 2 |

| | | |
|---|--|----------|
| | підібраних для неї тензорезисторів. | |
| 2. Визначення переміщень методами оптичного контролю | Ознайомитись із оптичними методами неруйнівного контролю матеріалів і виробів, конструкцією та принципом роботи оптичного пристрою, його призначенням та застосуванням для вимірювання деформацій. | 2 |
| 3. Дослідження прояву ефекту Баркгаузена під впливом зовнішнього магнетного поля | Освоїти методику використання ефекту Баркгаузена для генерування пружних хвиль акустичної емісії у феромагнетних матеріалах з використанням комплексу АЕ-апаратури. | 2 |
| 4. Знаходження координат джерела випромінювання АЕ | Освоїти методику акустико-емісійного визначення координат дефектів, які розвиваються у протяжному об'єкті НК, використовуючи комплекс АЕ-багатоканальної апаратури. | 2 |
| Разом | | 8 |

7. Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів освіти

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

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, слабке 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 слабке 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

8. Список основної літератури

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідниковий посібник. Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / під ред. З. Т. Назарчука; під заг. ред. В. В. Панасюка. – Львів: ФМІ, 2001. – 1134 с.
2. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Неруйнівні методи контролю: навч. посібник. – Ужгород, 2016. – 192 с.
3. Назарчук З. Т., Скальський В. Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: у 3 т. Т. 1: Теоретичні основи методу акустичної емісії. – К. : Наук. думка. – 2009. – 287 с.
4. Назарчук З. Т., Скальський В. Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: у 3 т. Т. 2: Методологія акустико-емісійного діагностування. – К. : Наук. думка. – 2009. – 263 с.

5. Назарчук З. Т., Скальський В. Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: у 3 т. Т. 3: Засоби та застосування методу акустичної емісії. – К. : Наук. думка. – 2009. – 327 с.
6. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: дов. пос. у 8 т. Т. 5. Акустичні методи контролю деградації матеріалів і дефектності елементів конструкцій / за ред. В. Р. Скальського; В. Р. Скальський, О. М. Карпаш, В. В. Кошовий, А. Я. Недосека, О. М. Станкевич; за заг. ред. З. Т. Назарчука. – Львів : Простір-М, 2017. – 416 с.
7. Скальський В. Р., Андрейків О. Є. Оцінка об'ємної пошкоженості матеріалів методом акустичної емісії. – Львів : ВЦ ЛНУ І. Франка, 2006. – 330 с.
8. Назарчук З. Т., Андрейків О. Є., Скальський В. Р. Оцінювання водневої деградації феромагнетиків у магнетному полі. – К.: Наук. думка, 2013. – 272 с.
9. Nazarchuk Z., Skalskyi V., Serhiyenko O. Acoustic Emission. Methodology and Application. – Springer International Publishing AG, 2017. – XIV, 283 p.

Список додаткової літератури:

1. Національний стандарт України ДСТУ 4227–2003. Настанови щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки. – Чинний від 2003 – 12 – 01.
2. ДСТУ 9118:2021 Технічна діагностика. Діагностування технічного стану матеріалів конструкцій. Загальні вимоги. – Чинний від 01.07.2022.
3. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навч. посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 118 с.
4. Гудрамович В. С., Скальський В. Р., Селіванов Ю. М. Голографічне та акустико-емісійне діагностування неоднорідних конструкцій і матеріалів. – Львів: Простір-М, 2017. – 492 с.
5. Назарчук З. Т., Неклюдов І. М., Скальський В. Р. Метод акустичної емісії в діагностуванні корпусів реакторів АЕС. – К. : Наук. думка, 2016. – 307 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

проф. д.т.н.

Оксана ГЕМБАРА