

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

академік НАН України

З.Т. Назарчук

2020 р.



## Силабус

для вивчення дисципліни «Технічна діагностика матеріалів, виробів і елементів конструкцій» для аспірантів, спеціальність 132 «Матеріалознавство» Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України.

### 1. Викладач

*Станкевич Олена Михайлівна, д.т.н., старший науковий співробітник.*

Контактний телефон: (032) 299-68-75, o.m.stankevych@gmail.com

*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 132 «Матеріалознавство», код: 132, кількість кредитів – 2.

### 3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ФМІ НАН України (ГК, кім. 67, 35); 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 2 кредити із них 32годин – лекції, 8 год – практичні, 20 години – 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.* 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
<b>Змістовний модуль 1. Загальні питання технічної діагностики</b>			
<b>Тема 1. Загальні питання технічної діагностики:</b> - основні терміни, поняття та визначення; - мета технічної діагностики; - діагностування об'єкта на різних стадіях життєвого циклу; - структура технічної діагностики;	3	2	1

<ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип діагностування та контролю;</li> <li>- приклади технічної діагностики.</li> </ul>			
<p><b>Тема 2.</b> Концепції застосування НК. Типи дефектів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- концепції застосування НК з позицій механіки руйнування: концепція «безпечної роботи» та «безпечного пошкодження»;</li> <li>- найпоширеніші типи дефектів конструкційних сталей та їх класифікування;</li> <li>- дефекти зварних з'єднань.</li> </ul>	3	2	1
<p><b>Тема 3.</b> Інформаційна модель системи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- елементи контрольно-діагностичного процесу та їх взаємозв'язок;</li> <li>- інформаційно-енергетична модель контрольно-діагностичного процесу;</li> <li>- джерела контрольно-діагностичної інформації;</li> <li>- методологічні аспекти НК;</li> <li>- інформаційна модель системи НК;</li> <li>- фізичне формулювання задачі НК.</li> </ul>	3	2	1
<p><b>Тема 4.</b> Класифікація видів і методів НК конструкційних матеріалів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- класифікація видів і методів НК конструкційних матеріалів;</li> <li>- ознаки класифікування методів НК;</li> <li>- види НК: магнітний, електричний, електромагнітний (вихрострумний), радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний і проникаючих речовин, органолептичний, візуальний, візуалізація та фотографування у полях високої напруженості, електрогазодинамічний.</li> </ul>	3	2	1
<b>Змістовний модуль 2. Характеристика методів НК</b>			
<p><b>Тема 1.</b> Акустичні методи НК:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- типи пружних хвиль;</li> <li>- акустико-емісійний метод;</li> <li>- параметри сигналів АЕ та усталена термінологія;</li> <li>- особливості реалізації і побудови апаратних засобів;</li> <li>- методи боротьби із завадами під час відбору</li> </ul>	3	2	1

корисних сигналів акустичної емісії.			
<b>Тема 2. Поняття об'ємної пошкоженості:</b> - методики акустико-емісійної оцінки об'ємної пошкоженості матеріалів; - визначення моменту початку росту макро-тріщини під квазістатичним навантаженням та нижнього порогового коефіцієнта інтенсивності напружень, стадій докритичного розвитку тріщин.	3	2	1
<b>Тема 3. Ультразвукові методи НК:</b> - види ультразвукових методів і засоби НК матеріалів і виробів; - ультразвукова томографія.	3	2	1
<b>Тема 4. Вихрострумний метод НК:</b> - 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.	3	2	1
<b>Тема 5. Магнетний контроль:</b> - доменна структура феромагнетиків; - основні властивості феромагнетних матеріалів, петля гістерезису та її параметри; - магнетом'ягкі та магнетотверді матеріали; - види магнетного контролю.	3	2	1
<b>Тема 6. Електричний контроль. Оптичні методи НК:</b> - фізична суть методу електричного контролю; - електроємнісний та електропотенційний методи; - метод електропору; - електроіскровий та трибоелектричний методи; - метод екзоелектронної емісії; - методи і засоби оптичної мікроскопії для діагностування поверхонь матеріалів і зварних з'єднань; - електронна спеклінтерферометрія.	3	2	1
<b>Тема 7. Тепловий та радіаційні методи НК:</b>	3	2	1

<ul style="list-style-type: none"> <li>- теплові поля в однорідному середовищі та середовищі з несучільностями;</li> <li>- метод інфрачервоної емісії;</li> <li>- розсіяння теплових полів у метало-конструкціях під напруженням;</li> <li>- тепловізори;</li> <li>- автоматизація процесу розшифрування та опрацювання інформації, критерії бального оцінювання;</li> <li>- промислова класична та обчислювальна томографія.</li> </ul>			
<b>Змістовний модуль 3. Математичні основи діагностування матеріалів та елементів конструкцій</b>			
<p><b>Тема 1.</b> Математичні моделі джерел АЕ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделювання утворення та розвитку дефектів як джерел АЕ;</li> <li>- тріщина як об'ємне джерело АЕ;</li> <li>- кореляція тріщиноотривкості матеріалів із параметрами АЕ.</li> </ul>	3	2	1
<p><b>Тема 2.</b> Математичні моделі утворення і субкритичного росту тріщини:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оцінка сигналів АЕ під час утворення дископодібної тріщини в пружному тілі за навантаження розтягу;</li> <li>- деякі аспекти методології діагностування пошкодженості методом акустичної емісії.</li> </ul>	4	2	2
<p><b>Тема 3.</b> Залежність між величиною стрибка тріщини та коефіцієнтом інтенсивності напружень:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулювання задач про генерування АЕ під час поширення тріщин.</li> </ul>	4	2	2
<p><b>Тема 4.</b> Динамічні поля переміщень внаслідок розвитку тріщин:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- динамічні поля переміщень під час стрибка наскрізної тріщини;</li> <li>- величина стрибка тріщини та напрямленість АЕ-випромінювання;</li> <li>- стрибок тріщини довільної форми і метод порівняння полів переміщень для оцінки пара-</li> </ul>	4	2	2

<p>метрів пружного поля;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поля переміщень під час поширення внутрішньої тріщини в елементі конструкції;</li> <li>- вплив об'ємних хвиль на переміщення поверхні.</li> </ul>			
<p><b>Тема 5.</b> Моделювання випромінювання пружних хвиль під час утворення мікротріщин у зоні інтенсивних пластичних деформацій:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулювання розрахункової моделі випромінювання сигналів АЕ;</li> <li>- розв'язок сформульованої задачі та обговорення результатів;</li> <li>- утворення системи дископодібних тріщин;</li> <li>- утворення мікротріщин у пластичній зоні біля макротріщини;</li> <li>- кінетичні рівняння взаємозв'язку параметрів тріщин і сигналів АЕ.</li> </ul>	4	2	2
<b>Разом</b>	<b>52</b>	<b>32</b>	<b>20</b>

### ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Назва та стислий зміст роботи	Мета роботи	Кількість годин
<p><b>1.</b> 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 підібраних для неї тензорезисторів.</p>	2
<p><b>2.</b> Визначення переміщень методами оптичного контролю</p>	<p>Ознайомитись із оптичними методами неруйнівного контролю матеріалів і виробів, конструкцією та принципом роботи оптичного пристрою, його призначенням та застосуванням для вимірювання деформацій.</p>	2
<p><b>3.</b> Дослідження прояву</p>	<p>Освоїти методику використання ефекту</p>	2

ефекту Баркгаузена під впливом зовнішнього магнетного поля	Баркгаузена для генерування пружних хвиль акустичної емісії у феромагнетних матеріалах з використанням комплексу АЕ-апаратури.	
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
<b>Разом</b>		<b>8</b>

## 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 – 80%; додаткові – 15%. Оцінка за індивідуальне опитування – 5%.

### 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. 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 : ФМП, 2001. – 1134 с.
2. Коллакот Р. Диагностика поврежденных / под ред. П. Г. Бабаевского. – М.: Мир, 1989. – 512 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: 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. Вест Ч. Голографическая интерферометрия. – М.: Мир, 1982. – 504 с.
3. Гудрамович В. С., Скальський В. Р., Селіванов Ю. М. Голографічне та акустико-емісійне діагностування неоднорідних конструкцій і матеріалів. – Львів: Простір-М, 2017. – 492 с.
4. Криксунов Л. З., Падалко Г. А. Тепловизоры. – К.: Техніка, 1987. – 166 с.
5. Левшина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 320 с.
6. Осипович Л. А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.
7. 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

д.т.н., проф.



І.М. Погрелюк