

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

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

академік НАН України

Зіновій НАЗАРЧУК

28 листопада 2023 р



Силабус

для вивчення дисципліни «**Фізичні основи та методи технічного
діагностування**» 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) 229-68-75; ira_dolinska@ukr.net

Наукові інтереси: Діагностика стану і довговічності матеріалів та елементів конструкцій в умовах дії силових і фізико-хімічних чинників. Метод акустичної емісії в дослідженнях процесів руйнування. Механіка заповільненого руйнування матеріалів і елементів конструкцій (руйнування за локальної повзучості, втомне руйнування, корозійно-водневе руйнування та ін.). Методи визначення залишкової довговічності елементів конструкцій.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«**Фізичні основи та методи технічного діагностування**» спеціальність 113 «Прикладна математика», код: 113, кількість кредитів – 3.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

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

4. Пререквізити навчальної дисципліни: знати основні поняття механіки руйнування та фізичної хімії; дефектності матеріалів; мати знання про

напружено-деформований стан твердих тіл; володіти поняттями крайових та початкових умов; знати диференціальне та інтегральне числення; володіти поняттями коливань та хвильових процесів; мати знання про критерії макроруйнування твердих тіл; володіти поняттям імовірності в математиці; володіти основами планування та опрацювання результатів експерименту.

Постреквізити: у результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання про тріщиностійкість матеріалів і їх воднево-корозійну деградацію; методи оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій за тривалих навантажень, а також впливу воднево-корозійних середовищ; крайові задачі математичної фізики; застосування основних методів (розділення змінних, аналітико-числових, числових) до розв'язування задач математичної фізики; числові методи досліджень математичних моделей діагностичних систем; збіжність, точність і похибки обчислень; фізичні поля у засобах сучасної діагностики матеріалів і конструкцій; поширення хвиль в однорідному середовищі; рівняння Ламе, рівняння Максвелла, рівняння Гельмгольца для потенціалів; типи хвиль; розсіювання хвиль тілами обмежених розмірів та канонічної форми; релєєвське розсіювання; методи інтегральних перетворень та рівнянь; методичні основи одержання дефектоскопічної інформації; методи вироблення рекомендацій, прийняття рішень за результатами діагностики; акустичні методи як методи технічного діагностування матеріалів і елементів конструкцій; визначення пружних і міцнісних характеристик матеріалів ультразвуком; моделі сигналів у технічній діагностиці; періодичні і перехідні сигнали; стаціонарні та нестаціонарні випадкові сигнали, їх характеристики.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

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

6. Характеристика дисципліни.

Завдання учбової дисципліни. Освоїти фізичні основи та основні методи технічного діагностування.

Мета викладання дисципліни – вивчення фізичних основ технічного діагностування матеріалів, освоєння акустичних методів та їх засобів для діагностування матеріалів та елементів конструкцій.

План викладання дисципліни:

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	самостійна робота
Змістовний модуль 1. Деякі положення матеріалознавства, що визначають основні параметри будови і дефектності матеріалів методами технічної діагностики			
Тема 1. Основні засади матеріалознавства: – кристалічна будова металів і її дефекти; – пружна поведінка твердих тіл; – конструкційні матеріали; – композиційні матеріали; – зварні з'єднання (особливості структури та дефектності); – пластична деформація; – деформаційне зміцнення і його механізми.	5	2	3
Тема 2. Механічні властивості матеріалів: – характеристики міцності та пластичності; – твердість; – характеристики повзучості; – методи визначення механічних властивостей матеріалів.	5	2	3
Тема 3. Механіка руйнування і міцність матеріалів: – статична і циклічна тріщиностійкість; – мікро- та макромеханізми руйнування; – вплив агресивних середовищ на ріст тріщин.	5	2	3
Тема 4. Деградація властивостей конструкційних матеріалів: – вичерпування пластичності при циклічному навантаженні; – вплив водню на деформування та	5	2	3

<p>руйнування конструкційних матеріалів; – ріст дефектності у конструкційних матеріалах за циклічного навантаження; – корозійна деградація металів і сплавів; – методи визначення залишкового ресурсу матеріалів та елементів конструкцій тривалої експлуатації; – врахування корозійно-водневого чинника при визначенні залишкового ресурсу.</p>			
Змістовний модуль 2. Фізичні основи технічної діагностики			
<p>Тема 1. Загальні положення: – поняття вимірювання, контролю, дефектоскопії, діагностики; їх зіставлення, відмінності; – задачі неруйнівного контролю технічної діагностики.</p>	5	2	3
<p>Тема 2, 3. Математичні основи діагностування матеріалів: – адекватність і повнота математичної моделі; – рівняння фізичних полів та процесів; – крайові задачі математичної фізики; – початкові і крайові умови; – існування єдиності розв’язку; – основні методи розв’язування задач математичної фізики; – метод розділення змінних; – аналітико-числові методи; – числові методи; – рівняння Лапласа: розв’язки для пластини, циліндра, сфери, еліпсоїда; – рівняння тіл із зосередженими та розподіленими параметрами; – рівняння напружень і деформацій; – числові методи досліджень математичних моделей діагностичних систем; – цифрові методи аналізу функцій, розв’язання алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь;</p>	12	4	8

<ul style="list-style-type: none"> – ітерації, збіжність, точність і похибка обчислень. 			
<p>Тема 4, 5. Елементи теорії дифракції хвиль:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фізичні (акустичні, пружні, електромагнітні) поля у засобах сучасної діагностики матеріалів і конструкцій; – рівняння Ляме, рівняння Максвелла; – спеціальні функції; – поширення хвиль в однорідному середовищі, скалярні і векторні потенціали; – рівняння Гельмгольца для потенціалів, функція Гріна, умови випромінювання; – типи хвиль, поля елементарних джерел; – відбивання та проходження хвиль через плоску межу поділу середовищ, граничні умови; – розсіяння хвиль тілами обмежених розмірів, дифракційні ефекти; – Релеєвське розсіяння; – розсіяння хвиль тілами канонічної форми, моделі дефектів; – дифракція на краях, умови Мейкснера. 	10	4	6
<p>Тема 6, 7. Методичні основи одержання дефектоскопічної інформації:</p> <ul style="list-style-type: none"> – взаємодія фізичних полів з макронеоднорідностями твердого тіла як джерело дефектоскопічної інформації; – фізичні величини як кількісні ознаки; – фізичні явища та ефекти; – перетворення носіїв дефектоскопічної інформації у сигнали; – інформативні ознаки (параметри, характеристики) ; – концепції забезпечення надійності машин, конструкцій та споруд; – поняття контролепридатності конструкцій; – основи метрологічного забезпечення 	5	2	3

<p>засобів неруйнівного контролю та технічної діагностики;</p> <ul style="list-style-type: none"> – нормативно-методичне забезпечення методів неруйнівного контролю і діагностики. – методи вироблення рекомендацій, прийняття рішень за результатами діагностики; – необхідні і достатні умови для прийняття рішень про експлуатаційний ресурс об'єкту; – невизначеність (недостатність) інформації про технічний стан об'єкта. 			
<p>Тема 8. Отримання діагностичної інформації акустичними методами:</p> <ul style="list-style-type: none"> – акустичні методи діагностування матеріалів; – ультразвук; – метод акустичної емісії; – встановлення міцнісних характеристик матеріалів за швидкістю поширення ультразвуку; – акустична оцінка структурних особливостей конструкційних матеріалів; – оцінка дефектів зварних швів за сукупністю інформативних ознак ультразвукової дефектоскопії. 	5	2	3
Модуль 3. Моделі сигналів у технічній діагностиці			
<p>Тема 1. Основні засади теорії сигналів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – класифікація сигналів; – детерміновані і стохастичні сигнали; – періодичні сигнали, ряд Фур'є; – амплітудний і фазовий спектр; – перехідні сигнали, перетворення Фер'є; – емпіричний гармонічний аналіз. 	5	2	3
<p>Тема 2. Основи теорії ймовірності</p> <ul style="list-style-type: none"> – імовірність, аксіоматика і основні теореми теорії ймовірності; – теорема Байєса; 	5	2	3

– схема Бернулi.			
Тема 3. Випадкові величини і їх характеристики: <ul style="list-style-type: none"> – випадкова величина, функція розподілу, густина розподілу; – кореляція, регресивний аналіз; – оцінювання характеристик випадкової величини за експериментальними даними; – метод максимальної правдоподібності, метод моментів, метод найменших квадратів. 	5	2	3
Тема 4. Випадкові сигнали та їх характеристики: <ul style="list-style-type: none"> – кваліфікація випадкових сигналів; – стаціонарні випадкові сигнали; – теорема Вінера-Хінчена; – густина потужності, гармонічний розклад; – функція когерентності; – оцінювання характеристик стаціонарних випадкових сигналів; – емпіричний спектральний аналіз. 	5	2	3
Тема 5. Нестаціонарні випадкові сигнали: <ul style="list-style-type: none"> – типи не стаціонарності; – періодично нестаціонарні випадкові сигнали; – узагальнення періодичної нестаціонарності; – оцінювання характеристик періодично нестаціонарних випадкових процесів; – когерентний і компонентний методи; – моделі прихованих періодичностей і методи їх виявлення. 	5	2	3
Разом	82	32	50

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Назва та стислий зміст роботи	Мета роботи	Кількість годин
1. Застосування методу відокремлення змінних до розв'язання задач математичної фізики.	Освоїти методику розв'язування однорідних і неоднорідних задач математичної фізики методом відокремлених змінних.	2
2. Застосування методу інтегральних перетворень для розв'язування задач математичної фізики.	Освоїти загальну схему методу інтегральних перетворень для розв'язування задач математичної фізики та основні типи інтегральних перетворень.	2
3. Ультразвукові вимірювання пружних характеристик матеріалів.	Ознайомитись із ультразвуковими методами неруйнівного контролю матеріалів і виробів. Освоїти методику визначення пружних характеристик матеріалу.	2
4. Визначення міцнісних характеристик матеріалу за швидкістю поширення ультразвуку.	Освоїти методику визначення механічних характеристик матеріалу за швидкістю поширення ультразвуку в ньому.	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, 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

8. Список базової літератури

1. Назарчук З. Т., Скальський В. Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: у 3 т. – К.: Наук. думка. – 2009. – 888 с.
2. Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідн. Посібник / під загальною редакцією В. В. Панасюка. – Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / під ред. З. Т. Назарчука. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. – 2001. – 1134 с.
3. Білокур І. П. Елементи дефектології при вивченні неруйнівного контролю. – К.: НМКВО, 1990. – 252 с.
4. Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.
5. Прокопович І. В. Металознавство: навч. посібник. – Одеса: Екологія, 2020. – 308 с.
6. Бабак В. П., Марченко Б. Г., Фриз М. Є. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика: підруч. – К.: Техніка, 2004. – 288 с.
7. Васильєв В. М., Жук С. Я. Теорія ймовірностей в радіотехніці: підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 368 с.

8. Коломієць С. В. Теорія випадкових процесів. – Суми: ДВНЗ “У АБЦ НБУ”, 2011. – 82 с.
9. Яворський І. М., Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. Львів: Фіз.-мех. ін-т НАН України, 2013. – 802 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

проф. д.т.н.

Оксана ГЕМБАРА