

ЗАТВЕРДЖЕНО

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



Зіновій Назарчук

» жовтня 2022 р.
М.П.

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 макроруїнування 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; релеєвське 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 руйнування конструкційних матеріалів;	5	2	3

– 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.			
Змістовний модуль 2. Фізичні основи технічної діагностики			
Тема 1. Загальні положення: – поняття вимірювання, контролю, дефектоскопії, діагностики; їх зіставлення, відмінності; – задачі неруйнівного контролю технічної діагностики.	5	2	3
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; – ітерації, збіжність, точність і похибка	12	4	8

обчислень.			
Тема 4, 5. Елементи теорії дифракції хвиль: – 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
Тема 6, 7. Методичні основи одержання дефектоскопічної інформації: – 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 засобів неруйнівного контролю та	5	2	3

технічної діагностики; – 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.			
Тема 8. Отримання діагностичної інформації акустичними методами: – 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			
Тема 1. Основні засади теорії сигналів: – класифікація сигналів; – детерміновані і стохастичні сигнали; – періодичні сигнали, ряд Фур'є; – амплітудний і фазовий спектр; – перехідні сигнали, перетворення Фур'є; – емпіричний гармонічний аналіз.	5	2	3
Тема 2. Основи теорії ймовірності – імовірність, аксіоматика і основні теореми теорії ймовірності; – теорема Байеса; – схема Бернуллі.	5	2	3

Тема 3. Випадкові величини і їх характеристики: – 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: – 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: – 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. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовують поточне індивідуальне опитування та екзаменаційну оцінку.

Екзамен включає відповіді на шість питань: три питання з екзаменаційного білету та три додаткових питання. Оцінка відповідей на питання: – 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
35–59	FX	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням
0–34	F	

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

д.т.н., ст.н.с.

Оксана ГЕМБАРА