

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор

Фізико-механічного інституту  
ім. Г.Ф. Карпенка НАН України  
академік НАН України



**Зіновій НАЗАРЧУК**

28 листопада 2023 р.

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ  
ЗАРОДЖЕННЯ ТА ПОШИРЕННЯ ТРІЩИН В  
МАТЕРІАЛАХ**

**галузь знань: 11 Математика та статистика**

**спеціальність: 113 Прикладна математика**

**кваліфікація: доктор філософії**

Робоча програма розроблена з дисципліни «Фізико-математичні моделі зародження та поширення тріщин в матеріалах» для аспірантів за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

**Викладач:** *Гембара Оксана Володимирівна*, д.т.н., старший науковий співробітник. Контактний телефон: (032) 229-63-79;  
[oksana.hembara@gmail.com](mailto:oksana.hembara@gmail.com)

*Наукові інтереси:* розроблення підходів кількісного оцінювання міцності та довговічності елементів конструкцій з використанням підходів механіки руйнування; оцінювання залишкового ресурсу теплоенергетичного та нафтопереробного устаткування та розроблення методів його продовження.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Пререквізити навчальної дисципліни:** знати основні поняття механіки руйнування та фізичних основ діагностування конструкцій; 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; 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.

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 2	Галузь знань: 11 Математика та статистика Спеціальність: 113 Прикладна математика Кваліфікація: доктор філософії	Нормативна	
Змістових модулів – 3		Рік підготовки:	
		1-й	–
Індивідуальне науково-дослідне завдання: презентація результатів дисертаційного дослідження		Семестр	
		2-й	–
Загальна кількість годин – 60		Лекції	
		32 год	
Тижневих годин для денної форми навчання: 2,5	Аспірантура	Практичні, семінарські	
		8 год	-
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		20	-
		Індивідуальні завдання: –	
Вид контролю: екзамен			

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**2.1. Мета навчальної дисципліни** – ознайомлення аспірантів з основними фізико-математичними моделями руйнування пружних тіл.

### 2.2. Завдання навчальної дисципліни:

- ознайомити аспірантів з основними явищами процесу руйнування та принципами його математичного моделювання;
- розглянути основні підходи механіки руйнування;
- ознайомити аспірантів з основними методами розв'язування крайових задач теорії пружності для тіл з тріщинами;

- розглянути застосування підходів механіки руйнування до оцінювання міцності елементів конструкцій з дефектами типу тріщин.

**2.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти повинні:**

**Знати:**

- основні положення теорії міцності матеріалів;
- основні математичні методи розв'язування крайових задач теорії пружності для тіл з тріщинами;
- основні результати розв'язування задач механіки руйнування.

**Вміти:**

- застосовувати математичні методи до розв'язування конкретних задач математичної теорії пружності та механіки руйнування;
- здійснювати аналіз міцності елементів конструкцій з тріщинами;
- розробляти нові фізико-математичні моделі до опису процесів зародження та поширення тріщин в матеріалах.

### **3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Змістовий модуль 1. Основні поняття фізико-математичного моделювання міцності матеріалів.**

**Тема 1.1.** Предмет фізико-математичного моделювання зародження та поширення тріщин в матеріалах. Руйнування як бажане та небажане явище.

**Тема 1.2.** Єдність процесів деформування та руйнування твердих тіл. Особливості розрахункових моделей твердого тіла в механіці руйнування.

**Тема 1.3.** Класичні і неklasичні підходи до оцінки міцності матеріалів.

**Змістовий модуль 2. Теорія Гріффітса та її узагальнення.**

**Тема 2.1.** Міцність ідеального і реального кристалів. Поняття про поверхневу енергію тіла.

**Тема 2.2.** Енергетична концентрація Гріффітса. Розтяг безмежної пластини з тріщиною. (Задача Гріффітса).

**Тема 2.3.** Задача Сака.

**Тема 2.4.** Узагальнення концентрації Гріффітса на випадок квазікрихких тіл ( концепція Е. Орована ).

**Тема 2.5.** Диференціальне рівняння задачі Гріффітса.

**Змістовий модуль 3. Основи плоскої задачі математичної теорії пружності та оцінка напружено-деформованого стану в околі тріщини. Встановлення характеру зміни напружень навколо тріщиноподібного дефекту на основі функції Ері.**

**Тема 3.1.** Основні рівняння теорії пружності для плоского деформованого стану та плоского напруженого стану.

**Тема 3.2.** Функція напружень Ері.

**Тема 3.3.** Встановлення характеру поведінки поля напружень у вершині тріщини на основі функції Ері (підхід Уільямса).

#### 4. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз досліджу Йоффе та оцінка реальної міцності матеріалу.	2
2	Моделювання поверхневої енергії на основі роботи утворення нових поверхонь.	2
3	Аналіз пружної енергії тіла із тріщиною Гріффітса.	2
4	Дослідження локального поля напружень у вершинах гострокінцевих концентраторів.	2
	<b>Разом</b>	<b>8</b>

#### 5. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомитися з феноменологічними теоріями міцності.	5
2	Ознайомитися з енергетичними, силовими та деформаційними критеріями механіки руйнування.	5
3	Ознайомитися з методами розв'язування задач теорії пружності.	5
4	Освоїти методи оцінки тензора напружень в околі вершин гострокінцевих концентраторів.	5
	<b>Разом</b>	<b>20</b>

**6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ:** лекції, мультимедійні лекції, робота в Інтернет-мережі.

**7. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ:** поточне тестування; підсумковий письмовий тест.

**8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ**

Максимальна оцінка в балах		
Поточний контроль (ПК)	Екзаменаційний контроль	Разом за дисципліну

Захист модулів (45 балів) шляхом усного опитування або тестового контролю теоретичного матеріалу.	<b>Разом за ПК</b>	<b>письмова компонента</b>	<b>усна компонента</b>	
	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>15</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

## 9. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### Основна література:

1. Дмитрах І.М, Вайман А.В., Стащук М.Г., Тот Л. Надійність та довговічність елементів конструкцій теплоенергетичного устаткування // Довідниковий посібник під заг. ред. акад. НАН України В.В. Панасюка. – Київ: ВД “Академперіодика”, 2005. – 378с.
2. Дослідження з теорії міцності та руйнування квазікрихких тіл з тріщинами . [Текст] : моногр. / В. В. Панасюк. - Львів : Простір-М, 2020. —216 с.: [69] іл., [2] табл. Ум. друк. арк. 13,7. Обл.-вид. арк. 13,75. Наклад 100 прим. Бібліогр.: у кінці кожної статті. ISBN 978-617-7746-81-1.
3. Datsyshyn O.P., Panasyuk V.V. Structural integrity assessment of engineering components under cyclic contact. / Cham, Switzerland. Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 326 p. (обл.вид.арк. 26,1). ISBN 978-3-030-23068-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23069-2>.
4. Дмитрах І. М., Сиротюк А. М., Лещак Р. Л.; Руйнування та міцність трубних сталей у воднево-місних середовищах. – /Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України/. – Львів. ПРОСТІР-М, 2020. – 222 с. (обл.-вид. арк. 14,3). – 100. – ISBN 978-617-7746-67-5.
5. Дацишин О. П., Панасюк В. В. «Контактна довговічність і руйнування елементів конструкцій за циклічного навантаження». – Київ, Науково-виробниче підприємство «Видавництво “Наукова думка” НАН України», 2018. – с.290. Ум. друк. арк. 23,4. Тираж 200 прим. ISBN 978-966-00-1621-7. УДК 539.375:620.178..
6. Андрейків О.Є. Заповільнене руйнування матеріалів за локальної повзучості / О.Є. Андрейків, В.Р. Скальський, І.Я. Долінська. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 400 с. – 11,9 ум. друк. арк. – 12,9 обл.-вид. арк. – ISBN 978-617-10-0394-1

### Додаткова література:

1. Andreykiv O., Hembara O., Dolinska I., Sapuzhak Y., Yadzhak N. Prediction of Residual Service Life of Oil Pipeline Under Non-stationary Oil Flow Taking into Account Steel Degradation. In: Bolzon G., Gabetta G., Nykyforchyn H. (eds) Degradation Assessment and Failure Prevention of Pipeline Systems. Lecture Notes in Civil Engineering. Springer, Cham: 2021. – vol 102. – P. 203216.
2. Панасюк В.В. Дослідження з теорії міцності та руйнування квазікрихких тіл з тріщинами : моногр. - Львів: Простір-М, 2020. -216 с.

3. Долінська І.Я. Прогнозування залишкового ресурсу елементів конструкцій довготривалої експлуатації в екстремальних умовах. *Вісн. НАН України*. – 2021. – № 1. – С. 47–52.

**ПОГОДЖЕНО**

Завідувачка випускової кафедри



Проф. д.т.н.

**Оксана ГЕМБАРА**