



# ФРАКТОДІАГНОСТИКА РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізитивна навчальна дисципліна

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>другий (магістерський)</b>
<b>Галузь знань</b>	13 Механічна інженерія
<b>Спеціальність</b>	132 Матеріалознавство
<b>Освітня програма</b>	Освітньо-професійна програма Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
<b>Статус дисципліни</b>	Вибіркова
<b>Форма навчання</b>	очна(денна)
<b>Рік підготовки, семестр</b>	1 курс, 2 семестр (весняний)
<b>Обсяг дисципліни</b>	4 кредити/120 год: лекцій – 18 год; лабораторних занять -18 год; самостійна робота студента 84 год
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	залік / МКР
<b>Розклад занять</b>	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=993b2bb7-baad-4c26-ae8c-c934615cdf85">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=993b2bb7-baad-4c26-ae8c-c934615cdf85</a>
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: д.ф.-м.н. професор Васильєв О.Д., <a href="mailto:oleksa.vasylyev@gmail.com">oleksa.vasylyev@gmail.com</a> Лабораторні: д.ф.-м.н. професор Васильєв О.Д., <a href="mailto:oleksa.vasylyev@gmail.com">oleksa.vasylyev@gmail.com</a>
<b>Розміщення курсу</b>	<a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;ir_own">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;ir_own</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи цю дисципліну, студенти вдосконалюють і узагальнюють свої знання щодо механічної поведінки матеріалів та набувають відповідні навички щодо процесу руйнування матеріалів.

Метою навчальної дисципліни є:

- Формувати у студентів здатності:
  - Усвідомлювати, чим є фрактографія у розумінні процесу руйнування і їхнього обопільного місця в усій ієрархії механічної поведінки матеріалів.
  - Виконувати фрактографічний аналіз матеріалів.
  - Оцінювати тріщиностійкість матеріалів.
  - Усвідомлювати важливість знання будови матеріалів і рівня її структурної і хімічної неоднорідності та оцінювати її вплив на механічну поведінку.
- Розвивати загальні компетентності, які полягають у здатності:
  - Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
  - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

а також

- Розвивати фахові компетентності, які полягають у здатності:

- Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.
- Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту.
- Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах).
- Здатність використовувати знання наукових засад міцності та руйнування для аналізу та прогнозування механічної поведінки матеріалів, у тому числі, композиційних та наноструктурованих.

Предметом навчальної дисципліни “Фрактодіагностика руйнування матеріалів” є:

- Відновлення картини процесу руйнування з встановленням етапів його підготовки та перебігу;
- Встановлення місця започаткування тріщин, етапів їхнього росту до критичного розміру і переходу до катастрофічного завершення усього процесу поділу матеріалу (його зразка) на частини;
- Встановлення мікромеханізмів розвитку тріщини на кожному з його етапів і вздовж власне росту явної тріщини;
- Кількісна оцінка тріщиностійкості матеріалу та впливу на неї умов навантаження;
- Встановлення і оцінка впливу будови матеріалу на його механічні властивості.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент мусить:

- Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій;
- Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі
- Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства;
- Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно;
- Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства;
- Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів;
- Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки;
- Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів;
- Аналізувати та прогнозувати характер стійкості та руйнування матеріалів.

По завершенні навчання студент має набути досвід досліджувати поверхні зруйнованих зразків як неозброєним оком, так і за допомогою світлового та сканувального електронного мікроскопів, визначати місце започаткування тріщини та мікро- і макромеханізми та етапи її розвитку.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається в другому семестрі підготовки за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Дисципліна базується на компетентностях бакалаврського рівня спеціальності Матеріалознавство.

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни “Фрактодіагностика руйнування матеріалів”:

- Фізика міцності і руйнування;
- Інженерне матеріалознавство.

Знання, які здобувач отримує під час вивчення дисципліни “Фрактодіагностика руйнування матеріалів”, є необхідними для виконання і захисту курсової роботи та магістерської дисертаційної роботи, які стосуються механічної поведінки матеріалів.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль (розділ) 1. Матеріали і їхня механічна поведінка.**

Тема 1.1. Концепції руйнування.

Тема 1.2. Будова матеріалів і їхні механічні властивості.

Тема 1.3. Крихко-пластичний перехід.

### **Змістовий модуль (розділ) 2. Фрактографія.**

Тема 2.1. Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні. Фрактографія.

Тема 2.2. Сканувальний електронний мікроскоп і фрактографія.

Тема 2.3. Про що може розповісти фрактографія?

Тема 2.4. Механізми руйнування.

Тема 2.5. Механізми руйнування і будова матеріалів.

Тема 2.6. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

### **Змістовий модуль (розділ) 3. Енергетично-силова концепція зміни механізмів руйнування.**

Тема 3.1. Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу.

Тема 3.2. Механізми руйнування вздовж тріщини.

Тема 3.3. Докритичний ріст тріщин.

Тема 3.4. Самоорганізація процесу руйнування.

### **Змістовий модуль (розділ) 4. Фрактографічні особливості руйнування деяких матеріалів.**

Тема 4.1. Монокристали української кам'яної солі.

Тема 4.2.  $Si_3N_4$  кераміка.

Тема 4.3. ZrC кераміка.

Тема 4.4.  $ZrO_2$  кераміка. Крихко-в'язкий перехід.

Тема 4.5.  $ZrO_2$  кераміка. Поліморфні зміни.

### **Змістовий модуль (розділ) 5. Руйнування пластично-деформованого матеріалу.**

Тема 5.1. Фрактографічні особливості деформованих сплавів молібдену та хрому.

Тема 5.2. Важливість сегрегацій домішок на внутрішніх межах поділу.

### **Змістовий модуль (розділ) 6. Застосування фрактографії для опрацювання технологій.**

Тема 6.1. Фрактографія і спікання порошоків двоокису цирконію для паливних комірок.

Тема 6.2. Фрактографія і титанові *insitu*композиції з високими питомими властивостями.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література:

- Романів О.М., Зима Ю.В., Карпенко Г.В. Електронна фрактографія зміцнених сталей, "Наукова Думка", 1974.
- Васильєв О. Д. Мікромеханізми руйнування та тріщиностійкість матеріалів при крихко-пластичному переході. Рукопис. Автореферат докторської дисертації, ІПМ НАНУ, Київ, 1999.
- Васильєв О.Д. Ще один критерій руйнування? Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій. Вип.2. Том1. Механіка і механізми процесів руйнування матеріалів. Під ред. В.В. Панасюка, Львів, Каменярь, 1999, с. 150-155.

Додаткова література:

- Васильєв А. Д. Разрушение поликристаллических металлов // Деформационное упрочнение и разрушение поликристаллических металлов. - Под ред. Трефилова В.И. - К.: Наукова Думка. Изданиеизмененное и дополненное. - 1989. - С. 202-235, на русском. Книжка є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Перелічені книжки і тексти можуть бути використані для отримання базових знань щодо механічних властивостей матеріалів.

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни**

Зміст лекційних занять (18 годин – 9 лекцій, одна з яких - Модульна контрольна робота)

**Лекція 1. Матеріали і їхня механічна поведінка.**

Концепції руйнування. Будова матеріалів і їхні механічні властивості. Крихко-пластичний перехід.

Література: [1,2]

**Лекція 2. Фрактографія.**

Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні. Фрактографія. Сканувальний електронний мікроскоп і фрактографія. Про що може розповісти фрактографія? Механізми руйнування. Механізми руйнування і будова матеріалів. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

Література: [1,2]

**Лекція 3. Енергетично-силова концепція зміни механізмів руйнування.**

Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу. Механізми руйнування вздовж тріщини. Докритичний ріст тріщин. Самоорганізація процесу руйнування.

Література: [1-3]

**Лекція 4. Модульна контрольна робота.**

Механічна поведінка, фрактографія і концепції руйнування матеріалів.

**Лекція 5. Фрактографічні особливості руйнування деяких матеріалів.**

Монокристали української кам'яної солі. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> кераміка. ZrC кераміка. ZrO<sub>2</sub> кераміка. Крихко-в'язкий перехід. ZrO<sub>2</sub> кераміка. Поліморфні зміни.

Література: [2]

**Лекція 6. Руйнування пластично-деформованого матеріалу.**

Фрактографічні особливості деформованих сплавів молібдену та хрому. Важливість сегрегацій домішок на внутрішніх межах поділу.

Література: [2]

## **Лекція 7. Застосування фрактографії для опрацювання технологій.**

Фрактографія і спікання порошків двоокису цирконію для паливних комірок. Фрактографія і титанові *insitu* композити з високими питомими властивостями.

Основні завдання циклу лабораторних занять:

Набути навички дослідження поверхонь (зламів) зруйнованих зразків як неозброєним оком, так і за допомогою світлового та сканувального електронного мікроскопів, визначати місце започаткування тріщини та мікро- і макромеханізми і етапи її розвитку.

Зміст лабораторних занять

1. Фрактографічний аналіз металевих матеріалів (4 годин).
2. Фрактографічний аналіз керамічних матеріалів (4 годин).
3. Дослідження макромеханізмів руйнування матеріалів (4 годин).
4. Дослідження мікромеханізмів руйнування матеріалів (4 годин).
5. **Залік** (2 години).

### **6. Самостійна робота аспіранта**

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 84 години) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з вітчизняними і міжнародними проектними програмами – в розрахунку 1,5 години на 1 годину лекційного заняття = 24 години;
- підготовці до виконання лабораторних занять – в розрахунку 3 години на 1 годину виконання практичного заняття = 48 годин;
- МКР – 6 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Завдання пропущеного лабораторного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час лабораторних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання опрацьованих методів дослідження для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/code>.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 3 бали, всього 27 балів.
- Тестування на практичних заняттях – максимум 5 балів, всього 40 балів.
- Модульна контрольна робота. Максимальна оцінка 33 бали.
- Календарний контроль: провадиться двічі на семестр (1-й – максимум 32 бали, 2-й – максимум 24 бали) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх практикумів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право здавати залікову контрольну роботу, проте при цьому його рейтинг анулюється.

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді усного опитування і завдання включає 1 теоретичне питання зі списку Додатку А, на підготовку якого виділяється 1 академічна година. Відповідь на питання оцінюється за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- Перелік питань, які виносяться на МКР і семестровий контроль знаходяться в Додатку А і Б.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» при ІМЗ ім. Є.О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено д.ф.-м.н. професором Васильєвим О. Д.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 22 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

Перелік питань модульної контрольної роботи:

- Концепції руйнування.
- Крихко-пластичний перехід.
- Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні.
- Фрактографія.
- Про що може розповісти фрактографія?
- Механізми руйнування.
- Механізми руйнування і будова матеріалів.
- Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу.
- Механізми руйнування вздовж тріщини.
- Докритичний ріст тріщин.
- Самоорганізація процесу руйнування.

*Перелік питань на залік*

*Студенти готують реферат на самостійно обрану ними тему за Змістом навчальної дисципліни.*