

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра механіки

Затверджено

На засіданні кафедри механіки
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка

(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)



Завідувач кафедри:

Олександр АНДРЕЙКІВ

Силабус з навчальної дисципліни
“Основи механіки руйнування”,
що викладається в межах першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
113 Прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Основи механіки руйнування
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – Математика та статистика 113 – Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Андрейків Олександр Євгенович, завідувач кафедри механіки, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, доктор технічних наук
Контактна інформація викладачів	oleksandr.andreykiv@lnu.edu.ua https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/andrejkiv-o-e
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1. Кафедра механіки, каб. 148.
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/osnovy-mekhaniky-ruynuvannia-113-prykladna-matematyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Основи механіки руйнування” є вибірковою навчальною дисципліною циклу професійної і практичної підготовки з спеціальності 113 – Прикладна математика, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 5-х кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Основи механіки руйнування” є важливим у забезпеченні спеціальності 113 Прикладна математика в області механіки деформівного твердого тіла. У даному курсі викладаються основні математичні моделі теорії тріщин, критерії гранично-рівноважного стану твердих (крихких, квазікрихких, пружно-пластичних) тіл з тріщинами за дії статичного, довготривалого статичного і динамічного навантаження та методи для реалізації цих критеріїв при визначенні залишкової міцності елементів конструкцій.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення дисципліни є <ul style="list-style-type: none"> • ознайомлення студентів з сучасним розумінням про міцність матеріалів, їх здатністю чинити опір зародженню і поширенню тріщин; • формування навичок застосування критеріїв руйнування матеріалів до визначення залишкової міцності елементів конструкцій. Цілями вивчення навчальної дисципліни є <ul style="list-style-type: none"> • формування у студентів навиків побудови простих розрахункових моделей граничної рівноваги елемента конструкції з тріщиною; • набуття студентами практичних навичок з розрахунку залишкової міцності елемента конструкції з тріщиною.
Література для вивчення дисципліни	<i>Література базова</i> 1. Андрейків О.Є., Скальський В.Р., Долінська І.Я. Заповільнене руйнування матеріалів за локальної повзучості. – Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 400 с.

	<p>2. Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.</p> <p>3. Андрейків О.Є., Долінська І.Я. Прогнозування залишкового ресурсу труб нафтогазопроводів з урахуванням умов експлуатації і деградації їх матеріалів. – Київ: Наукова думка, 2023. – 268 с.</p> <p>4. Долгов О. М. Механіка руйнування: підручник / О. М. Долгов. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2019. – 166 с.</p> <p>5. Андрейків О.Є., Штаюра С.Т. Експериментальна механіка. Частина 1: Силові фактори. Ізотропні матеріали. Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка. 2004. 272 с.</p> <p style="text-align: center;"><i>Література додаткова</i></p> <p>6. Майборода В.С. Основи механіки руйнування: навч. посіб. / В.С. Майборода, М.М. Бобіна, Т.В. Лоскутова, Н.В. Мініцька. – К.: НТУУ – КПІ, 2010. – 124 с.</p> <p>7. Ho Sung Kim. Mechanics of Solids and Fracture. 2th edition. – 2016. – 234 p.</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 150 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекцій та 32 години лабораторних занять. Самостійної роботи: 86 годин.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • предмет механіки руйнування; • ґрунтовно засвоїти теорії та підходи визначення міцності матеріалів; • критерії руйнування матеріалів; • наближені підходи визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень; <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сформулювати математичну модель граничної рівноваги елемента конструкції з тріщиною і розрахувати його залишкову міцність.
Ключові слова	Міцність матеріалів, механіка руйнування, критерії руйнування, тріщиноподібні дефекти, напружено-деформований стан, коефіцієнт інтенсивності напружень, умови автотемпературності, зона передруйнування біля вершини тріщини, гранично-рівноважний стан.
Формат курсу	Очний.
Теми	<p>1. Предмет з механіки руйнування матеріалів, його суть, основні задачі, історія формування. Класичні і неklasичні підходи для визначення міцності матеріалів, напружено-деформований стан в околі вершини тріщини, пластичні зони біля вершини тріщини.</p> <p>2. Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій R-кривих, критерій J-інтегралу, загальний енергетичний критерій.</p> <p>3. Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемпературності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.</p> <p>4. Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, δ_c-модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.</p> <p>5. Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.</p> <p>6. Динамічна механіка руйнування.</p> <p>7. Методологічні аспекти у визначенні характеристик тріщиностійкості матеріалів.</p> <p>8. Метод граничної інтерполяції при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН).</p>

	9. Метод еквівалентних напружених станів для визначення КІН.
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці шостого семестру.
Пререквізити	Для вивчення дисципліни студенти потребують базові знання з дисциплін: <ul style="list-style-type: none"> • Математичний аналіз; • Теоретична механіка; • Опір матеріалів; • Основи механіки суцільного середовища; • Рівняння математичної фізики.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор). Для проведення практичних/лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams).
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • модульний контроль № 1: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. • модульний контроль № 2: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. Підсумкова максимальна кількість балів за семестр 100. Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають дві письмові роботи (два тести з теоретичних і практичних занять). Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом. Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового

	<p>тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Оцінювання модульного контролю відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання.</p> <p>Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно;</p> <p>50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності;</p> <p>25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові;</p> <p>0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</p> <p>Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до заліку.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Що є предметом механіки руйнування? 2. У якому випадку застосовують нелінійну механіку руйнування? 3. На яких двох підходах базується механіка руйнування? 4. Що покладено в основу класичного підходу для оцінювання міцності матеріалів. 5. Охарактеризуйте некласичний підхід в механіці руйнування. 6. Дайте означення першої теорії міцності. 7. Дайте означення другої теорії міцності. 8. Дайте означення третьої теорії міцності. 9. Дайте означення четвертої теорії міцності. 10. Опишіть енергетичні підходи в механіці руйнування. 11. Обернена і пряма задачі Гріффітса. 12. Метод граничної інтерполяції для розв'язку однопараметричної задачі при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень. 13. Метод граничної інтерполяції для багатопараметричної задачі при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень. 14. Енергетичний критерій Гріффітса. 15. Енергетичний критерій Орована. 16. Умови автотемпературності. 17. Критерій R – кривих. 18. Узагальнений критерій G – інтеграла. 19. Силоний критерій Ірвіна для крихких тіл. 20. Макромеханізми руйнування. 21. Що таке зона пластичності біля вершини тріщини? Дайте

	<p>характеристику.</p> <p>22. Що таке коефіцієнт інтенсивності напружень?</p> <p>23. Охарактеризуйте макромеханізми поширення тріщини.</p> <p>24. Чим пояснюється зміна індексів біля коефіцієнта інтенсивності напружень?</p> <p>25. Запишіть формулу для визначення коефіцієнта інтенсивності напружень у випадку задачі Гріффітса.</p> <p>26. Виділіть основні особливості напруженого стану в околі вершини тріщини.</p> <p>27. Що таке ефективна питома робота?</p> <p>28. Запишіть формулу для визначення граничного навантаження за одновісного розтягу квазікрихкого тіла з внутрішньою дископодібною тріщиною.</p> <p>29. Чи існують мікроскопічні тріщини, які не зменшують руйнуюче навантаження в процесі монотонного розтягу квазікрихкого тіла?</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.</p>

Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття, лекція, самостійна, групова робота)	Література, ресурси в Інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Предмет з механіки руйнування матеріалів, його суть, основні задачі, історія формування. Класичні і некласичні підходи для визначення міцності матеріалів, напружено-деформований стан в околі вершини тріщини, пластичні зони біля вершини тріщини.	лекція, 2 год.	[2, 4, 6]	2	1 тиждень
	Визначення міцнісних і деформаційних характеристик матеріалів	лабораторна, 2 год.	[2, 5]		
2	Предмет з механіки руйнування матеріалів, його суть, основні задачі, історія формування. Класичні і некласичні підходи для визначення міцності матеріалів, напружено-деформований стан в околі вершини тріщини, пластичні зони біля вершини тріщини.	лекція, 2 год.	[2, 4, 6]	2	1 тиждень
	Визначення міцнісних і деформаційних характеристик матеріалів	лабораторна, 2 год.	[2, 5]		
3	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій R -кривих, критерій J -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лекція, 2 год.	[1–4]	3	1 тиждень
	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій R -кривих, критерій J -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лабораторна, 2 год.	[5]		
4	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій R -кривих, критерій J -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лекція, 2 год.	[1–4]	2	1 тиждень
	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій R -кривих, критерій J -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лабораторна, 2 год.	[5]		
5	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемперності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лекція, 2 год.	[1–4]	2	1 тиждень
	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемперності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лабораторна, 2 год.	[5]		
6	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемперності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лекція, 2 год.	[1–4]	2	1 тиждень

	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемпальності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лабораторна, 2 год.	[5]		
7	Деформаційні критерії в механіці руйнування. КРТ-критерій, δ_c -модель, Узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	лекція, 2 год.	[1–3]	3	1 тиждень
	Деформаційні критерії в механіці руйнування. Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, δ_c -модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	лабораторна, 2 год.	[5]		
8	Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, δ_c -модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	лекція, 2 год.	[1–4]	3	1 тиждень
	Модульний контроль № 1	самостійна робота	-	-	
9	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лекція, 2 год.	[4, 6,7]	2	1 тиждень
	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лабораторна, 2 год.	[5]		
10	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лекція, 2 год.	[4, 6,7]	2	1 тиждень
	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лабораторна, 2 год.	[5]		
11	Динамічна механіка руйнування.	лекція, 2 год.	[4, 6, 7]	3	1 тиждень
	Динамічна механіка руйнування.	лабораторна, 2 год.	[5–7]		
12	Динамічна механіка руйнування.	лекція, 2 год.	[4, 6,7]	3	1 тиждень
	Динамічна механіка руйнування.	лабораторна, 2 год.	[5–7]		1 тиждень

13	Динамічна механіка руйнування.		лекція, 2 год.	[4, 6, 7]	3	1	тиждень
	Динамічна механіка руйнування.		лабораторна, 2 год.	[5–7]			
14	Методологічні аспекти у визначенні характеристик тріщиностійкості матеріалів.		лекція, 2 год.	[2]	2	1	тиждень
	Визначення характеристик тріщиностійкості матеріалів.		лабораторна, 2 год.	[2, 5]			
15	Метод граничної інтерполяції при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН).		лекція, 2 год.	[1, 3]	2	1	тиждень
	Розрахунок коефіцієнтів інтенсивності напружень		лабораторна, 2 год.	[2, 3]			
16	Метод еквівалентних напружених станів для визначення КІН.		лекція, 2 год.	[3]	2	1	тиждень
	Модульний контроль № 2		самостійна робота	-	-		
Матеріали для самостійного опрацювання							
2	Критерії поширення тріщин в тілах при складних напружених станах, прості критерії, складні критерії	Самостійне опрацювання		[6, 7]	6	3	тижні
6	Поширення тріщини в лінійно в'язкопружних середовищах при довготривалому статичному напруженні.	Самостійне опрацювання		[6, 7]	6	3	тижні
10	Метод двовимірних сингулярних інтегральних рівнянь для визначення КІН в тілах із системами тріщин.	Самостійне опрацювання		[6, 7]	6	3	тижні