

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 № 9 від 10.06.2021 р.)

В.о. завідувача кафедри Андрейків О. Є.

**Силабус з навчальної дисципліни  
“Основи механіки руйнування”,  
що викладається в межах ОПП “Математичне моделювання та  
комп’ютерна механіка” першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти для здобувачів з спеціальності 113 – Прикладна  
математика**

Львів 2021 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Основи механіки руйнування
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 – математика та статистика 113 – прикладна математика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Андрейків Олександр Євгенович, в.о. завідувача кафедри механіки, доктор технічних наук, професор
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:oleksandr.andreykiv@lnu.edu.ua">oleksandr.andreykiv@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/andreykiv-o-e">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/andreykiv-o-e</a> Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 148. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/fracture-mechanics-educational-program-mathematical-modeling-and-computer-mechanics">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/fracture-mechanics-educational-program-mathematical-modeling-and-computer-mechanics</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Спецкурс “Основи механіки руйнування” є важливим у забезпеченні спеціалізації в області механіки деформівного твердого тіла. В 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.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Основи механіки руйнування” є вибірковою навчальною дисципліною циклу професійної і практичної підготовки з спеціальності 113 – Прикладна математика для освітньої програми “Математичне моделювання та комп’ютерна механіка”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 4-х кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Метою вивчення дисципліни є</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ознайомлення студентів з сучасним розумінням про міцність матеріалів, їх здатністю чинити опір зародженню і поширенню тріщин;</li> <li>• формування навичок застосування критеріїв руйнування матеріалів до визначення залишкової міцності елементів конструкцій.</li> </ul> <i>Завданням вивчення навчальної дисципліни є</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формування у студентів навиків побудови простих розрахункових моделей граничної рівноваги елемента конструкції з тріщиною;</li> <li>• набуття студентами практичних навичок з розрахунку залишкової міцності елемента конструкції з тріщиною.</li> </ul>
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<i>Література базова</i> 1. Панасюк В.В. Механика квазіхрупкого руйнування матеріалів. – Киев: Наукова думка, 1991. – 416 с. 2. Панасюк В.В., Андрейків А.Е., Партон В.З. Основи механіки

	<p>разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.</p> <p>3. Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.</p> <p style="text-align: center;"><i>Література додаткова</i></p> <p>1. Андрейкив А.Е. Пространственные задачи теории трещин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 348 с.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекцій та 32 години практичних занять. Самостійної роботи: 56 годин.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p><b>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• предмет механіки руйнування;</li> <li>• ґрунтовно засвоїти теорії та підходи визначення міцності матеріалів;</li> <li>• критерії руйнування матеріалів;</li> <li>• наближені підходи визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень;</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформулювати математичну модель граничної рівноваги елемента конструкції з тріщиною і розрахувати його залишкову міцність.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Міцність матеріалів, механіка руйнування, критерії руйнування, тріщиноподібні дефекти, напружено-деформований стан, коефіцієнт інтенсивності напружень, умови автотемпературності, зона передруйнування біля вершини тріщини, гранично-рівноважний стан.
<b>Формат курсу</b>	Очний, дистанційний. Проведення лекцій, практичних робіт і консультацій.
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>2. Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій <i>R</i>-кривих, критерій <i>J</i>-інтегралу, загальний енергетичний критерій.</li> <li>3. Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автотемпературності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.</li> <li>4. Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, <math>\delta_c</math>-модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щільними дефектами.</li> <li>5. Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.</li> <li>6. Динамічна механіка руйнування.</li> <li>7. Методологічні аспекти у визначенні характеристик тріщиностійкості матеріалів.</li> <li>8. Метод граничної інтерполяції при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН).</li> <li>9. Метод еквівалентних напружених станів для визначення КІН.</li> </ol>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці шостого семестру.
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення дисципліни студенти потребують базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теорія пружності і пластичності;</li> <li>- опір матеріалів;</li> <li>- матеріалознавство;</li> <li>- фізичні основи міцності;</li> <li>- теоретична механіка</li> </ul> <p>достатніх для сприйняття методів визначення міцності елементів конструкцій.</p>

<p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p>	<p>Презентації, лекції Індивідуальні завдання</p>
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Комп'ютер, Internet.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• написання двох тестових модулів: по 50% семестрової оцінки кожен; максимальна кількість балів 100.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають дві письмові роботи (два тести з теоретичних і практичних занять).</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> 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.</p> <p><b>Відвідання занять</b> 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.</p> <p><b>Література.</b> 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.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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><b>Питання до заліку.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що є предметом механіки руйнування?</li> <li>2. У якому випадку застосовують нелінійну механіку руйнування?</li> <li>3. На яких двох підходах базується механіка руйнування?</li> <li>4. Що покладено в основу класичного підходу для оцінювання міцності матеріалів.</li> <li>5. Охарактеризуйте некласичний підхід в механіці руйнування.</li> <li>6. Дайте означення першої теорії міцності.</li> <li>7. Дайте означення другої теорії міцності.</li> <li>8. Дайте означення третьої теорії міцності.</li> <li>9. Дайте означення четвертої теорії міцності.</li> <li>10. Опишіть енергетичні підходи в механіці руйнування.</li> <li>11. Обернена і пряма задачі Гріффітса.</li> </ol>

	<p>12. Метод граничної інтерполяції для розв'язку однопараметричної задачі при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень.</p> <p>13. Метод граничної інтерполяції для багатопараметричної задачі при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень.</p> <p>14. Енергетичний критерій Гріффітса.</p> <p>15. Енергетичний критерій Орована.</p> <p>16. Умови автомодельності.</p> <p>17. Критерій <math>R</math> – кривих.</p> <p>18. Узагальнений критерій <math>G</math> – інтеграла.</p> <p>19. Силовий критерій Ірвіна для крихких тіл.</p> <p>20. Макромеханізми руйнування.</p> <p>21. Що таке зона пластичності біля вершини тріщини? Дайте 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>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

*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 неklasичні підходи для визначення міцності матеріалів, напружено-деформований стан в околі вершини тріщини, пластичні зони біля вершини тріщини.	лекція	Панасюк В.В. Механіка квазіхрупкого руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1991. – 416 с. Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основи механіки руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень

	Визначення міцнісних і деформаційних характеристик матеріалів	практична	Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.		
2	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.	лекція	Панасюк В.В. Механіка квазіхрупкого руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1991. – 416 с. Панасюк В.В., Андрейків А.Е., Партон В.З. Основи механіки руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Визначення міцнісних і деформаційних характеристик матеріалів	практична	Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.		
3	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій $R$ -кривих, критерій $J$ -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лекція	Панасюк В.В., Андрейків А.Е., Партон В.З. Основи механіки руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень
	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій $R$ -кривих, критерій $J$ -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	практична	Панасюк В.В., Андрейків А.Е., Партон В.З. Основи механіки руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
4	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій $R$ -кривих, критерій $J$ -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	лекція	Панасюк В.В., Андрейків А.Е., Партон В.З. Основи механіки руйнування матеріалів. – Київ: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень

	Енергетичні критерії руйнування матеріалів. критерій Гріффітса-Орована, критерій $R$ -кривих, критерій $J$ -інтегралу, загальний енергетичний критерій.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
5	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автомодельності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автомодельності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
6	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автомодельності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Силовий підхід в механіці руйнування, критерій Ірвіна, умови автомодельності, умови стійкого і нестійкого поширення тріщини.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
7	Деформаційні критерії в механіці руйнування. КРТ-критерій, $\delta_c$ -модель, Узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень

	Деформаційні критерії в механіці руйнування. Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, $\delta_c$ -модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
8	Деформаційні критерії в механіці руйнування, КРТ-критерій, $\delta_c$ -модель, узагальнена задача Гріффітса для пружно-пластичного тіла, двопараметричний деформаційний критерій, деформаційний критерій для тіл із щілинними дефектами.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень
	Модульний контроль	Самостійна робота	-	-	
9	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
10	Критерії руйнування, що враховують структурні параметри матеріалу.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Критерії руйнування, що враховують структурні	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е.,		



	параметри матеріалу.		Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
11	Динамічна механіка руйнування.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень
	Динамічна механіка руйнування.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
12	Динамічна механіка руйнування.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень
	Динамічна механіка руйнування.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		1 тиждень
13	Динамічна механіка руйнування.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	3	1 тиждень
	Динамічна механіка руйнування.	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основы		

			механики разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
14	Методологічні аспекти у визначенні характеристик тріщиностійкості матеріалів.	лекція	Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.	2	1 тиждень
	Визначення характеристик тріщиностійкості матеріалів.	практична	Скальський В. Р., Божидарнік В. В., Долінська І. Я. Основи механіки руйнування для зварювальників: навч. посіб. – Луцьк, 2014. – 356 с.		
15	Метод граничної інтерполяції при визначенні коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН).	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основи механіки разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Розрахунок коефіцієнтів інтенсивності напружень	практична	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основи механіки разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.		
16	Метод еквівалентних напружених станів для визначення КІН.	лекція	Панасюк В.В., Андрейкив А.Е., Партон В.З. Основи механіки разрушения материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 488 с.	2	1 тиждень
	Модульний контроль	Самостійна робота	-	-	-
Матеріали для самостійного опрацювання					
2	Критерії поширення тріщин в тілах при складних напружених станах, прості критерії, складні	самостійне опрацювання	Андрейкив А.Е. Пространственные задачи теории трещин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 348 с.	6	3 тижні

	критерії				
6	Поширення тріщини в лінійно в'язкопружних середовищах при довготривалому статичному напруженні.	самостійне опрацювання	Андрейкив А.Е. Пространственные задачи теории трещин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 348 с.	6	3 тижні
10	Метод двовимірних сингулярних інтегральних рівнянь для визначення КІН в тілах із системами тріщин.	самостійне опрацювання	Андрейкив А.Е. Пространственные задачи теории трещин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 348 с.	6	3 тижні