

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

Кафедра механіки суцільних середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
Механіко-математичний
факультет
Харитонов О.М.
2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ

для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Куценко Олексій Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 20²¹/20²² н.р. О. Харитонов О.М. «31» серпня 20²¹ р.
на 20__/20__ н.р. _____ («__») _____ 20__ р.

КИЇВ – 2020

Розробник: Куценко Олексій Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри
механіки суцільних середовищ

 (Лимарченко О.С.)

Протокол № 1 від 26 серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії  (проф. Олійник А.С.)

« 31 » серпня 2020 року

1. Мета дисципліни «Обчислювальна механіка руйнування» полягає у оволодінні студентами основними поняттями та методами механіки руйнування. Особливістю курсу є орієнтація на чисельні методи визначення характеристик механіки руйнування засобами сучасних комп'ютерних скінченно-елементних пакетів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи теоретичної механіки, теорії пружності, математичного аналізу, математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, чисельних методів, програмування.
2. *Вміти:* виконувати постановку, аналізувати та розв'язувати основні типи задач теорії пружності.
3. *Володіти елементарними навичками:* знаходити границі функцій, контурні, поверхневі та об'ємні інтеграли, проводити асимптотичний аналіз функцій та знаходити їх асимптотичне наближення у вигляді елементарних функцій, володіти навичками роботи з персональним комп'ютером на рівні впевненого користувача.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Обчислювальна механіка руйнування» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 «Математика та статистика» спеціальності 113 «Прикладна математика» освітньої програми «Комп'ютерна механіка»

Дана дисципліна входить до групи дисциплін довільного вибору студентів. В курсі «Обчислювальна механіка руйнування» викладено основні поняття та ідеї механіки руйнування, підходи до чисельного визначення методом скінченних елементів таких параметрів механіки руйнування як коефіцієнт інтенсивності напружень та інваріантний J -інтеграл Райса, швидкість вивільнення енергії при просуванні тріщини та механізми їх реалізації в сучасних скінченно-елементних пакетах, серед яких метод апроксимації розкриття берегів тріщини, метод функцій впливу, метод контурного інтегралу, метод доменного інтегралу та метод віртуального розкриття тріщини. В результаті освоєння вказаного матеріалу студент буде спроможним розв'язувати практичні задачі оцінки тріщиностійкості пружних та пружно-пластичних тіл.

Викладається у 3 семестрі в обсязі – 120 год. (4 кредити ECTS¹) зокрема: лекції – 28 год., лабораторні – 8 год, консультації – 4 год, самостійна робота – 80 год. У курсі передбачено 2 змістових модулів і модульний колоквиум. Завершується дисципліна – іспитом.

4. Завдання (навчальні цілі):

Формування здатності формулювати і розв'язувати задачі механіки руйнування та вирішувати практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій і характеризується комплексністю та/або невизначеністю умов, а саме: обирати оптимальні методи визначення характеристик механіки руйнування, створювати скінченно-елементні моделі тіл з вбудованими дефектами та за допомогою сучасних пакетів визначати тріщиностійкість пружних та пружно-пластичних тіл; набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у механіці та прикладній математиці, відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

- 1) Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 2) Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);
- 3) Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
- 4) Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);
- 5) Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
- 6) Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
- 7) Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
- 8) Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
- 9) Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
- 10) Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
- 11) Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 12) Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
- 13) Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові дослідження у спеціалізованій області прикладної математики (ФК-12).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання (формується розробником)			
	Студент повинен знати:			
РН 1.1	Розв'язки сингулярних задач теорії пружності для площини з розрізом. Критерії локального руйнування Ірвіна та Гріфітса.	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>	<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, колоквиум, іспит</i>	10%
РН 1.2	Зв'язок між коефіцієнтом інтенсивності напружень, інваріантним J -інтегралом Райса та енергією, що виділяється при русі тріщини з її вершини.			10%
РН 1.3	Принципи скінченно-елементного моделювання напруженого стану в околі вершини тріщини зокрема.		<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, іспит</i>	10%
РН 1.4	Засоби розрахунку параметрів механіки руйнування, які використовуються в сучасних скінченно-елементних пакетах.			10%
	Студент повинен вміти:			
РН 2.1	Оцінювати стан тріщини на основі розв'язків сингулярних задач та критеріїв локального руйнування.	<i>Лабораторні заняття, самостійна</i>	<i>Активна робота на лабораторних</i>	10%

		<i>робота</i>	<i>заняттях, виконання завдань, винесених на самостійну роботу, колоквиум, іспит</i>	
PH 2.2	Будувати скінченно-елементні моделі тіл з вбудованими дефектами засобами сучасних скінченно-елементних пакетів.		<i>Активна робота на лабораторних заняттях, виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	10%
PH 2.3	Розраховувати характеристики механіки руйнування засобами сучасних скінченно-елементних пакетів та визначати на основі отриманих розв'язків та критеріїв локального руйнування стан тріщини.			10%
PH 2.4	Обґрунтовувати адекватність та раціональність отриманих розв'язків на основі побудованих моделей.			10%
	Комунікація:			
PH 3.1	Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей та проблем, пов'язаних з дисципліною, володіти навиками командної роботи.	<i>Лекція, лабораторн е заняття</i>	<i>Активна робота на лабораторних заняттях</i>	5%
PH 3.2	Вчасно та правильно виконувати поставлені задачі та звітувати про їхнє виконання.			5%
	Автономність та відповідальність:			
PH 4.1	Самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації	<i>Самостійна робота</i>	<i>Виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	5%
PH 4.2	Обґрунтовувати адекватність та достовірність отриманих результатів, керуватися принципами доброчесності, не допускати фальсифікації наукових результатів.			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни											
	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3	PH 2.4	PH 3.1	PH 3.2	PH 4.1	PH 4.2
КС-1. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці.	+	+	+	+	+	+	+	+				
КС-2. Володіти основними положеннями та методами механіки, чисельними методами, методами дослідження операцій, методами комп'ютерного моделювання.	+	+	+	+	+	+	+	+				
КС-4. Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.	+	+	+	+	+	+	+	+				
КС-5. Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.	+	+	+	+	+	+	+	+				
КС-6. Вибирати раціональні методи та алгоритми розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних.	+	+	+	+	+	+	+	+				
КС-7. Уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символьних алгоритмів.	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
КС-8. Розв'язувати окремі задачі механіки та задачі в міждисциплінарних галузях — соціології, економіці, екології та медицині.					+	+	+	+			+	+
КС-9. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної механіки.					+	+	+	+			+	+
ЦМС-1. Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку.											+	+
ЦМС-2. Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу.											+	+
ЦМС-4. Уміти здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи									+	+	+	+

при цьому плагіату.														
ЦМС-5. Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом.												+	+	
ЦМС-7. Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов.												+	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. *Активна робота на лекції, усні відповіді:* РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН3.1, РН3.2 – 10 балів/7 балів;
 2. *Активна робота на лабораторних заняттях:* РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН3.1, РН3.2 – 10 балів/8 балів;
 3. *Виконання завдань, винесених на самостійну роботу:* РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/10 бали;
 4. *Колоквіум* РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/10 балів;
- Разом має бути 60 балів /35 балів;*

- підсумкове оцінювання: іспит.

- *максимальна кількість балів, які можуть бути отримані:* 40 балів;
- *результати навчання, які будуть оцінюватись:* РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4.
- *форма проведення і види завдань:* письмово-усна робота.

7.2. Організація оцінювання:

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та додатково скласти домашні завдання. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 20 балів, тобто, якщо оцінка студента на іспиті є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за іспит не додаються до семестрової оцінки;

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та Perezдачі форм контролю здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

Форма іспиту – письмово-усна. Білет іспиту складається із 3 завдань, перші два з яких є теоретичними, третє – задача. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Колоквіум на 9-му тижні навчального періоду.*
2. *Завдання для самостійного виконання на 13-му тижні навчального періоду.*

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Навчально-тематичний план лекцій і практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1				
1	Сингулярні розв'язки задач теорії пружності для площини з прямолінійним розрізом. Коефіцієнт інтенсивності напружень. Силовий критерій Ірвіна.	6		4
2	Енергетичний критерій Гріфітса та деформаційний критерій Леонова-Панасюка-Дагдейла. Інваріантний J -інтеграл Райса.	6		4
3	Загальна схема методу скінчених елементів для задач теорії пружності. Моделювання особливостей полів напружень в вершині тріщини за допомогою скінчених елементів зі зміщеними вузлами.	6	2	12
	Всього	18	2	20
Змістовий модуль 2				
4	Визначення коефіцієнт інтенсивності напружень плоских та просторових тріщин засобами сучасних скінченно-елементних пакетів.	4	2	20
5	Визначення значень J -інтегралу засобами сучасних скінченно-елементних пакетів.	4	2	20
6	Реалізація методу віртуального приросту тріщини засобами сучасних скінченно-елементних пакетів.	2	2	20
	Всього	10	6	60
	Всього	28	8	80

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **28 год.**

Лабораторні заняття – **8 год.**

Консультації – **4 год.**

Самостійна робота – **80 год.**

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Зражевський Г.М., Кепич Т.Ю., Куценко О.Г. Основи теорії міцності, деформації та механіки руйнування. - К.:ЛОГОС, 2005, - 169с.
2. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения Изд. стереотип. — Едиториал УРСС, 2021. — 454 с.
3. Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения — М: Наука, 1980. — 256 с.
4. Морозов Н.Ф. Математические вопросы теории трещин. — М: Наука, 1984. — 256 с.
5. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. — М: Наука, 1985. — 504 с.
6. A Free Software Three-Dimensional Structural Finite Element Program [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.calculix.de>
7. Dhondt G. The Finite Element Method for Three-Dimensional Thermomechanical Applications. — Hoboken: Wiley, 2004. — 362 p.

Додаткові:

1. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера. — М.: Едиториал УРСС, 2004 г. — 272 с.
2. Сиратори М., Миеси Т., Мацусита Х. Вычислительная механика разрушения. – М.: Мир, 1986. – 334 с.
3. Вычислительные методы в механике разрушения / Под ред. С. Атлури.— М.: Мир, 1990.— 392 с.