

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.
«31» вересня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ НА МІЦНІСТЬ
ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

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	залік

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 2022 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 «Прикладні методи розрахунків на міцність елементів конструкцій» полягає у ознайомленні студентів з основними типами та методами розрахунку на міцність елементів конструкцій. Особливістю курсу є орієнтація на чисельні методи визначення напружено-деформівного стану елементів 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, опору матеріалів, теорії пружності, математичного аналізу, математичної фізики, чисельних методів.
- 2. Вміти:** виконувати постановку, аналізувати та розв'язувати основні типи задач теорії пружності.
- 3. Володіти елементарними навичками:** чисельно розв'язувати трансцендентні рівняння, чисельно розв'язувати диференціальні рівняння, знаходити власні числа та власні вектори тензорів другого рангу, володіти навичками роботи з персональним комп'ютером на рівні впевненого користувача.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Прикладні методи розрахунків на міцність елементів конструкцій» 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 «Прикладні методи розрахунків на міцність елементів конструкцій» наведено порядок виконання основних типів розрахунку на міцність, а саме розрахунок на статичну міцність, розрахунок на втому, розрахунок на опір крихкому руйнуванню та розрахунок докритичного підростання тріщин. Особлива увага приділяється виробленню навиків реалізації вказаних розрахунків за допомогою стандартних комп'ютерних пакетів. В результаті освоєння даного курсу студент буде спроможним виконувати проектні та повірочні розрахунки конструктивних елементів, вміти визначати їх робочий ресурс.

Викладається у **3 семестрі в обсязі – 120 год. (4 кредити ECTS¹)** зокрема: *лекції – 38 год., консультації – 2 год, самостійна робота – 80 год.* У курсі передбачено **2 змістових модулі і модульний колоквиум.** Завершується дисципліна – **заліком.**

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: проводити повний комплекс розрахунків на міцність обраних конструктивних елементів з визначенням їх ресурсу на основі розрахунку напружено-деформованого стану, розрахованого за допомогою сучасних скінченно-елементних пакетів; 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);
- 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

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 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 нефаківців (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	Типи та механізми деформацій, що призводять до руйнування конструктивних елементів.	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, колоквиум, залік</i>	10%
РН 1.2	Класифікацію напружень, порядок їх визначення. Типи апроксимацій діаграми напруження-деформація.			10%
РН 1.3	Формули для розрахунку допустимого числа циклів з запасом по амплітуді напружень та з запасом за кількістю циклів; методи виділення повних циклів.			10%
РН 1.4	Основні розрахункові характеристики механіки руйнування (коефіцієнт інтенсивності напружень, інваріантний J -інтегралом), їх фізичну сутність; формулу Періса.			10%
	Студент повинен вміти:			
РН 2.1	Виділяти з загального напруженого стану напруження у відповідності до їх класифікації.	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, залік,</i>	10%

			<i>колоквіум</i>	
PH 2.2	Будувати апроксимації діаграми напруження-деформації за відповідними механічними властивостями матеріалу.		<i>Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, залік</i>	10%
PH 2.3	Реалізовувати стандартні алгоритми виділення циклів навантаження, зокрема метод дощу.			10%
PH 2.4	Будувати моделі з вбудованими дефектами та визначати за їх допомогою параметри тріщиностійкості.			10%
	Комунікація:			
PH 3.1	Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей та проблем, пов'язаних з дисципліною.	<i>Лекція</i>	<i>Активна робота на лекціях</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

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
	Програмні результати навчання											
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. Поеднувати 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 символічних 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 – 20 балів/10 балів;
 3. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/15 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: залік.

- *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, РН4.1, РН4.2.
- *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 заліку є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за залік не додаються до семестрової оцінки;

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі 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 заліку – письмово-усна. На заліку студенту пропонується 3 завдання, перші два з яких є теоретичними, а третє – задача. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік 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

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / 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	Типи навантажень, що призводять до руйнувань конструктивних елементів. Класифікація напружень, порядок їх визначення.	6		4
2	Опір деформації та руйнуванню при однократному навантаженню. Стандартні типи апроксимацій діаграми напруження-деформація.	6		4
3	Розрахунок на статичну міцність. Допустимі напруження при різних умовах експлуатації. Побудова скінченно-елементних моделей та обґрунтування їх адекватності.	6		12
	Всього	18		20

Змістовий модуль 2				
4	Розрахунок на багатоциклову та малоциклову втому. Методи виділення циклів навантаження. Метод дощу.	4		20
5	Розрахунок на опір крихкому руйнуванню. Визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень та значень J -інтегралу. Моделювання області, що примикає до фронту тріщини.	4		20
6	Тріщини втоми, розрахунок докритичного зростання тріщин, формула Періса.	2		20
	Всього	10		60
	Всього	38		80

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

Лекцій – **38 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **80 год.**

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г.Красковского. – М.: Компьютер пресс, 2002. – 224 с.
2. Зражевський Г.М., Кепич Т.Ю., Куценко О.Г. Основи теорії міцності, деформації та механіки руйнування. - К.:ЛОГОС, 2005, - 169с.
3. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера. — М.: Едиториал УРСС, 2004 г. — 272 с.
4. Махутов Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность. - М.: Машиностроение, 1981, 272 с.
5. ПНАЭ Г-7-002-86 «Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок». - М.: Энергоатомиздат. - 1989.
6. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
7. Яхно Б.О. ABAQUS у задачах механіки. – Київ : НТУУ "КПІ", 2011. – 128 с.
8. Dhondt G. The Finite Element Method for Three-Dimensional Thermomechanical Applications. — Hoboken: Wiley, 2004. — 362 p.

Додаткові:

1. Офіційний сайт компанії ANSYS Inc. [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.ansys.com>.
2. Офіційний сайт компанії Abaqus, Inc. [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.simulia.com>.
3. A Free Software Three-Dimensional Structural Finite Element Program [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.calculix.de>