

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра механіки суцільних середовищ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи

Харитонов О.М.

«31» серпня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделі і методи дослідження фізично нелінійних середовищ  
для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістр)
освітня програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання                    денна  
Навчальний рік                    2020/2021  
Семестр                                1  
Кількість кредитів ECTS        3  
Мова викладання, навчання  
та оцінювання                    українська  
Форма заключного контролю   залік

Викладачі: Лавренюк М.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 20/2020 н.р. ( ) «31» серпня 2020 р.  
на 20 /20 н.р. ( ) « » 20 р.

КИЇВ – 2020

© Лавренюк М.В., 2020 рік

Розробник: Лавренюк М.В., к.ф.м.н., доцент, доцент кафедри механіки суцільних середовищ.

ЗАТВЕДЖЕНО  
Зав. кафедри  
механіки суцільних середовищ

 Лимарченко О.С.

Протокол № 1 від 26 серпня 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від "31" серпня 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії  професор, д.ф.-м.н. Олійник А.С.  
(підпис)

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення з основними положеннями і моделями нелінійної механіки суцільних середовищ, з основними асимптотичними й чисельними методами, які використовуються в нелінійній механіці суцільних середовищ при розв’язанні диференціальних рівнянь в частинних похідних (ДРЧП) із використанням ЕОМ.

## **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. *Знати:* основні положення курсів математичного аналізу, диференціальних рівняння та диференціальних рівняння в частинних похідних, теорії пружності, опору матеріалів.
2. *Вміти:* обчислювати напруження та їх девіатори за переміщеннями, застосовувати критерії міцності, записувати постановки крайових задач.
3. *Володіти елементарними навичками:* математичного аналізу, диференціальних рівнянь в частинних похідних, теорії пружності та опору матеріалів.

## **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «Моделі і методи дослідження фізично нелінійних середовищ» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 Математика та статистика зі спеціальності 113 «Прикладна математика» освітньої програми «Комп’ютерна механіка».

Дана дисципліна є обов’язковою дисципліною. Дисципліна «Моделі і методи дослідження фізично нелінійних середовищ» включає в себе математичну теорію пластичності, зокрема, означення поверхні навантаження, поверхні деформування, формулювання критеріїв пластичності, опис основних положень деформаційної теорії та теорії течіння а також числено-аналітичних методів розрахунку крайових задач математичної теорії пластичності.

Викладається у 1-му семестрі в обсязі 90 год. (3 кредити ECTS<sup>1</sup>) зокрема: лекції – всього 28 год, консультації – 2 год, самостійна робота – 60 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі та 1 модульна контрольна робота. Завершується дисципліна заліком.

**4. Завдання (навчальні цілі):** формування здатності розв’язувати складні спеціалізовані математичні і механічні задачі, що характеризуються фізичною нелінійністю і передбачає застосування відповідних чисельно-аналітичних методів; набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці та механіці, 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 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);

<sup>1</sup> кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

10. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
11. Здатність самостійно розробляти проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей прикладної та теоретичної механіки та механіки суцільних середовищ(ФК-7);
12. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
13. Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
14. 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 (Формуються розробником)			
<b>Студент повинен знати:</b>				
РН 1.1	Знати означення напружень, тензора та вектора напружень, інтенсивності напружень і деформацій, гідростатичної вісі, швидкості деформацій, формулювання закону Гука в девіаторній та інваріантній формі	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота (60% правильних відповідей), залік, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	10%
РН 1.2	Знати означення простору напружень і простору деформацій, поверхні навантаження, сформулювати постулат Дракера, основну нерівність пластичності, принцип градієнтальності		<i>Залік, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	10%
РН 1.3	Знати теорему Іллюшина про просте навантаження та теорему про існування та єдність розв'язку			10%
РН 1.4	Знати умови текучості Треска-Сен-Венана та Мізеса			10%
<b>Студент повинен вміти:</b>				
РН 2.1	Вміти виводити визначальні співвідношення моделі Гандельмана-Ліна-Прагера, моделі Ішлінського-Прагера, моделі Сен-Венана-Леві-Мізеса, моделі Прандтля-Рейсса, моделі Генкі-Надаї (деформаційної теорії)	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота (60% правильних відповідей), залік, виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	20%
РН 2.2	Вміти виводити визначальні співвідношення методу пружних розв'язків А.А.Льюшина, визначальні співвідношення методу змінних параметрів пружності, визначальні		<i>Залік, виконання завдань, винесених на самостійну</i>	10%

	співвідношення методу початкових навантажень, визначальні співвідношення методу початкових деформацій		<i>роботу</i>	
PH 2.3	Вміти сформулювати основні відмінності класичної теорії текучості та деформаційної теорії, вміти пояснити сутність ефектів Баушінгера та зміцнення			15%
	<b>Комунікація:</b>			
PH 3.1	Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом	<i>Лекція</i>	<i>активна робота на лекції, усні відповіді, залік</i>	4%
PH 3.2.	Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов			4%
	<b>Автономність та відповідальність:</b>			
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>	2%
PH 4.2	Виробляти критичне відношення до існуючих варіантів інтерпретації принципів побудови механічних моделей і формулювання їх основних властивостей в сучасних практиках професійної і корпоративної діяльності; формувати власні підходи до вирішення даної проблематики			2%
PH 4.3	Усвідомлювати відповідальність за достовірність, об'єктивність отриманих висновків стосовно проведених досліджень і пояснень щодо аналізу професійних і корпоративних підходів			3%

**6. Співвідношення результатів навчання із програмними результатами навчання**

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3	PH 3.1	PH 3.2	PH 4.1	PH 4.2	PH 4.3
<b>КС 1</b> - Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС 2</b> - Володіти основними положеннями та методами механіки, чисельними методами, методами дослідження операцій, методами комп'ютерного моделювання					+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС 3</b> - Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів					+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 1</b> - Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 2</b> - Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 4</b> – Уміти здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 5</b> – Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 7</b> – 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, РН.3.1, РН.3.2 – 10 балів/6 бали;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1–РН2.3, РН4.1–РН4.3 – 20 балів/9 балів;
3. Контрольна робота: РН1.1, РН2.1, – 30 балів/20 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, РН3.1, РН3.2.
- форма проведення і види завдань: письмова 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 доскласти домашні завдання. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 бали, тобто, якщо оцінка студента на заліку є нижчою від мінімального порогового рівня (24 бали), то бали за залік не додаються до семестрової оцінки (вважаються рівними нулю), а підсумкова оцінка із дисципліни є незадовільною;

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. Залікове завдання заліку складається із 3 завдань, перше з яких є теоретичним, два інших – задачі. Кожне завдання оцінюється від 0 до 11 балів. Додатково від 0 до 7 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів.

#### Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота: на 8-му тижні навчального періоду.
2. Перевірка завдань, винесених на самостійну роботу виконання на 13-му тижні навчального періоду.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

теми	Назва теми	Кількість годин				
		Лекції	Практичні заняття	Самост. робота	Контр. модульна робота	Інші форми контролю
<b>Змістовий модуль 1 „Класифікація нелінійних задач МСС”</b>						
1	Класифікація нелінійних задач МСС. Фізично і геометрично нелінійні задачі. Конструктивно-нелінійні задачі. Задачі зі зміною стану.	2		8		
2	Рівняння стану в механіці суцільних середовищ. Ідеальне пружне тіло. Ідеальне пружно-пластичне тіло. Ідеальне жорско-пластичне тіло. В'язкопружне тіло. Ізотропні та анізотропні, однорідні та неоднорідні тіла.	2		8		
3	Атермічна пластичність. Принцип макроскопічної визначеності. Простір напружень і простір деформацій, поверхня навантаження. Постулат Дракера. Основна нерівність пластичності. Принцип градієнтальності.	4		8		
4	Умова текучості Треска-Сен-Венана. Умова текучості Мізеса	2		4		
<b>Змістовий модуль 2 „Математична теорія пластичності”</b>						
5	Визначальні співвідношення асоціативної теорії пластичності. Модель Гандельмана-Ліна-Прагера	2		4	2	
6	Модель Ішлінського-Прагера.	2		2		
7	Ідеальна пластичність. Основні положення. Теорія пластичності Сен-Венана-Леві-Мізеса. Теорія пластичності Прандтля-Рейсса	4		6		
8	Основні положення класичної теорії текучості. Постановка задачі теорії пластичної текучості (приростів пластичних деформацій)	2		4		
9	Основні положення теорії малих пружнопластичних деформацій. Деформаційна теорія Генкі-Надаї. Постановка задач ТМППД. Принцип запізнення. Теорема Ільюшина про просте навантаження. Теорема про існування і єдиність розв'язку крайової задачі для ТМППД	4		8		
10	Методи фізичної лінеаризації. Метод пружних розв'язків А.А.Ільюшина. Методи змінних параметрів	4		6		



	пружності, метод початкових навантажень і деформацій					
	Всього годин	28		58	2	

### ЗА НАВЧАЛЬНИМ ПЛАНОМ

3

агальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **28 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

#### 9. Рекомендовані джерела

##### Основні:

1. В.В. Божидарник, Г.Т. Сулим. Елементи теорії пластичності та міцності. Львів, 1999
2. А.А. Ильющин. Пластичность. Москва, Наука, 1964.
3. В.Д. Ключников. Математическая теория пластичности. Москва, МГУ, 1979.
4. Найфэ А. Введение в методы возмущений.- М.: Мир.- 1984.- 536 с.
5. Писаренко Г.С., Мोजаровский Н.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие.–Киев: Наукова думка, 1981. –496 с.

##### Додаткові:

1. Турчин В.М. Теорія ймовірностей і математична статистика. Основні поняття, приклади, задачі. – Дніпропетровськ, Видавництво ДНУ, 2006. – 475 с.
2. Каліон В.А. Чисельні методи розв'язання крайових задач механіки суцільних середовищ.- К.: ВЦ “Київський університет”.- 1999.- 106 с.
3. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир. 1988.- 232 с. 1976.
4. Лавренюк М. Постановка та методи розв'язання задач механіки неоднорідних середовищ, Київ 2012, 86 с. [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: [http://www.mechmat.univ.kiev.ua/download/pos/Methody\\_Neodnorodnyh-seredovysch.pdf](http://www.mechmat.univ.kiev.ua/download/pos/Methody_Neodnorodnyh-seredovysch.pdf)
5. Писаренко Г.С., Мोजаровский Н.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие.–Киев: Наукова думка, 1981. –496 с.
6. Новацкий В. Теория упругости. Москва, Мир, 1975  
Пб, “БХВ-Петербург”, 2006, 518с.
7. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы. Часть I и II.- М.: Наука.- 1977.- 704 с.
8. Григолюк Э.И., Шалашилин В.И. Проблемы нелинейного деформирования. Метод продолжения по параметру в нелинейных задачах механики твердого деформируемого тела. М.: Наука. 1988.- 232 с.