

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної та прикладної механіки



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи

Харитонов О.М.

серпень 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сучасні методи комп'ютерного аналізу граничних
задач

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	2
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Зражевський Григорій Михайлович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки

Пролонговано: на 20/20²² н.р. () « 20 р.
на 20 /20 н.р. () « 20 р.

КИЇВ – 2020

Розробник: Зражевський Григорій Михайлович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки

ЗАТВЕДЖЕНО
Зав. кафедри теоретичної та прикладної
механіки



(підпис)

Жук Я.О.

Протокол №1 від 28 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.

1. Мета дисципліни– оволодіння сучасними методами, теоретичними положеннями та основами застосуваннями комп'ютерного аналізу граничних задач механіки, отримати практичні навички як розв'язання граничних задач, що формалізуються в механіці, так і побудові нових чисельних методів.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни

1. *Знати:* основні поняття та методи класичного математичного аналізу, основи теорії інтегрування звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь в частинних похідних, чисельних методів та основи теорії апроксимації.
2. *Вміти:* застосовувати методи математичного аналізу при проведенні аналітичних досліджень математичних задач, формалізувати фізичні моделі механіки та формулювати математичні постановки задач, користуватись системами комп'ютерного аналізу Mathematica та Matlab.
3. *Володіти елементарними навичками:* математичних перетворень, застосування класичних чисельних методів, розробляти обчислювальні алгоритми та імплементувати їх у вигляді програмного коду.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Сучасні методи комп'ютерного аналізу граничних задач» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 «Математика та статистика» зі спеціальності 111 «Прикладна математика» освітньої програми «Комп'ютерна механіка». Дана дисципліна є обов'язковою. Курс має практичну спрямованість та має на меті надати можливість орієнтуватись в сучасних напіваналітичних та чисельних методах розв'язання граничних задач механіки та математики, а також набутти досвіду в реалізації таких методів. Курс передбачає поглиблене вивчення інтерфейсу та програмних можливостей програмного продукту Matlab як основного програмного середовища реалізації алгоритмів, що є предметом курсу. Курс будується на загальному підході методу зважених нев'язок для класифікації методів розв'язання граничних задач. В курсі розглядаються методи в прямому та слабкому формулюванні, з явним та неявним задовільненням граничних умов, методи граничного розв'язку. В якості конкретних прикладів розбираються скінченно-різницеві методи, методи скінченних та граничних елементів.

Викладається у 2 семестрі 1 курсу в обсязі **120 год. (4 кредити ECTS¹)** зокрема: лекції – всього – **30 год.**, лабораторні – **8 год.**, консультації – **2 год.**, самостійна робота – **80 год.** У курсі передбачено 1 змістовний модуль та 1 модульна контрольна робота. Завершується дисципліна **іспитом**.

4. Завдання (навчальні цілі):

ознайомлення студентів з: основними принципами розробки, обґрунтування та аналізу сучасних комп'ютерних методів чисельного розв'язання математично формалізованих до граничних та початково граничних задач математичної фізики, задач механіки, математичною та механічною термінологією, та системою класифікації методів чисельного розв'язання граничних задач, основними теоретичними та прикладними правилами наближення математичних об'єктів, окресленням та класифікацією основних задач, що можуть бути розв'язані тим чи іншим чисельним методом, формування здатності розв'язувати складні задачі та практичні проблеми у математиці або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів математики та механіки і характеризується комплексністю умов, набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці, відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

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);
- 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.)		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)			
РН 1.1	Знати основні поняття теорії скінчено-різницевого методу чисельного розв'язування початково-граничних задач математичної фізики, апроксимацію лінійних диференціальних операторів скінченими різницями, одновимірні та багатовимірні скінчено-різницеві схеми, способи апроксимації граничних умов, скінчено-різницева схема початково-граничних задач для рівняння теплопровідності.	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	9%
РН 1.2	Знати основні поняття та означення методу зважених нев'язок, умови автоматичного виконання граничних умов, методи апроксимації розв'язку граничної задачі для з автоматичним задовільненням граничних умов, методи одночасної апроксимації розв'язку рівняння та граничних умов, слабке формулювання граничної задачі, основи апроксимації розв'язку нелінійних задач методами зважених нев'язок.			9%
РН 1.3	Знати основні ідеї та поняття методу скінчених елементів, поняття локальних та глобальних базисних функцій, суттєві та натуральні граничні умови, метод скінчених елементів для двовимірних та тривимірних граничних задач, скінчено-елементні апроксимації на базі лінійного трикутника та апроксимації вищих порядків, ієрархічні форми вищих порядків, неізопараметричні методи скінчених елементів			9%
РН 1.4	Знати основні поняття та означення методів граничних елементів, їхню класифікацію, використання прямого та непрямого методів граничних елементів для розв'язування граничних задач, зв'язок методів граничних елементів з теорією граничних інтегральних рівнянь, теорією сингулярних інтегральних рівнянь та теорією потенціала.			9%
РН 2.1	Вміти апроксимувати лінійні диференціальні оператори скінченими різницями, будувати одновимірні та багатовимірні скінчено-різницеві схеми, оцінювати похибки апроксимації скінчено-різницевого схем, досліджувати стійкість схем.	<i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Модульна Контрольна робота (60% правильних відповідей), розв'язання задач на лабораторних заняттях іспит, виконання завдань винесених на самостійну роботу</i>	13%
РН 2.2	Вміти класифікувати чисельні методи розв'язання граничних задач на основі загальних понять методу зважених нев'язок, використовувати штрафні компоненти, будувати чисельні схеми розв'язання граничних задач з автоматичним задовільненням граничних умов та одночасною апроксимацією розв'язку рівняння та граничних умов, методи граничного розв'язку, будувати слабке формулювання граничних задач на прикладі двовимірної статичної задачі теорії пружності, Двовимірної та тривимірної граничних задач стаціонарної теплопровідності.			14%
РН 2.3	Вміти апроксимувати функції за методом скінчених елементів, будувати скінченно-елементні схеми для двовимірних задач			14%

	стаціонарної теплопровідності та статичної теорії пружності, використовувати ієрархічні форми вищих порядків.			
PH 2.4	Вміти використовувати метод зважених нев'язок при побудові граничних інтегральних рівнянь та квазірозв'язку, будувати схеми прямого та непрямого методів граничних елементів для лінійних граничних задач.			9%
PH 3.1	Здатність обґрунтовувати власний погляд на задачу та формулювати робочі гіпотези, спілкуватися з колегами з питань застосування математичних методів та теорій	<i>Лекція, лабораторне заняття</i>	<i>Активна робота на лекції, лабораторних заняттях, усні відповіді</i>	4%
PH 3.2.	Вироблення навиків командної роботи			4%
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 і вирішення моральних дилем, морально-професійних і морально-психологічних проблем і конфліктів, в сучасних практиках професійної і корпоративної діяльності; формувати власні підходи до вирішення даної проблематики			2%
PH 4.3	усвідомлювати відповідальність за достовірність, об'єктивність та політико-ідеологічну незаангажованість отриманих висновків стосовно проведених досліджень і пояснень щодо аналізу професійних і корпоративних культур			2%

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	PH 4.3
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 3 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;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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 7 уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символічних алгоритмів;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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 – 12 балів/7 балів;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН4.1, РН 4.2, РН 4.3 – 8 балів/5 бали
3. Модульна контрольна робота: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 20 балів/11 балів;
4. Розв'язання задач на лабораторних заняттях: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН3.1, РН3.2, – 20 балів/12 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: письмова робота та усна співбесіда. Завдання включає 2 теоретичні питання/теоретичні задачі та дві практичні задачі

7.2. Організація оцінювання:

Активна робота на лекціях передбачає присутність на лекції, уважне прослуховування лекційного матеріалу, відповіді на питання, що задаються лектором під час лекції, задання питань лектору з метою роз'яснення матеріалу, участь в дискусіях, що ініціюються лектором, чи слухачами на протязі лекції, коментування матеріалу лекції та оцінка якості донесення матеріалу лектором.

Самостійна робота передбачає виконання завдань, що надаються лектором, пошук та робота з додатковою літературою по заданій темі, читання наукової та науково-популярної літератури.

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. Студенти, які набрали впродовж семестру та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – **20** балів, до складання іспиту не допускаються.

Форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається із 4 завдань, перші два з яких є теоретичними, два інших – задачі. Теоретичні завдання оцінюються від 0 до 7 балів кожне, практичні завдання оцінюються від 0 до 10 балів кожне. Додатково від 0 до 6 балів студент отримує за усне опитування. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 бали.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Модульна контрольна робота: на 5-му тижні семестру.
2. Оцінювання завдань самостійної роботи за РН2.1 на 3-му тижні, за РН2.2 на 6 тижні семестру

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>.

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. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

теми	Назва теми І семестр	Кількість годин					
		Лекції	Практичн і заняття	Лаборатор ні заняття	Самост. робота	Модульн а контроль на	Інші форми контролю
Змістовий модуль 1 „Огляд скінченно-різницевих методів. Методи зважених нев'язок. Методи скінченних та граничних елементів.”							
1	Скінченно-різницеві методи	4		2	10		
2	Методи зважених нев'язок.	12		4	30	2	
3	Методи скінченних елементів	10		2	20		
4	Методи граничних елементів.	4			10		
Всього годин за І семестр		30		8	60	2	

Загальний обсяг 120 годин, у тому числі:

лекції – 30 годин,

лабораторні - 8 годин,

консультації – 2 години,

самостійна робота – 80 годин.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Самарский А. А. Введение в численные методы. М.: ”Наука”. 1987. 286 с.
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: “Мир”. 1986. 318 с.
3. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. М.: “Мир”. 1988. 352 с.
4. Бреббия К., Теллес Ж., Врубел Л. Методы граничных элементов. М.: “Мир”. 1987. 524 с.
5. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Методы граничных элементов в прикладных науках. М.: “Мир”. 1984. 494 с.
6. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. М.: “Мир”. 1987. 328 с.

Додаткові:

1. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. М.: ”Наука”. 1977. 454 с.
2. Угодчиков А. Г., Хуторянский Н. М. Метод граничных элементов в механике деформируемого твердого тела. “Изд-во Казанского университета”. 1986. 284 с.