

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра №105 «Інформаційних технологій проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2



Д. М. Крицький

(ініціали та прізвище)

«31» 08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ІНСТРУМЕНТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інформаційні технології проектування»,

(найменування спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробник: Наріжний О.Г. , доцент кафедри 105 «Інформаційні технології проектування» к.т.н., доцент _____
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання) (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №105 «Інформаційних технологій проектування»

(назва кафедри)

Протокол № 1 _____ від « 31 _ » ____ 08 ____ 2021 р.

Завідувач кафедри 105 , к.т.н., доцент _____ Д.М.Крицький
(наукова ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів–5 <i>денна</i>	Галузь знань 12 «Інформаційні технології» (шифр та найменування) Спеціальність 122 «Комп’ютерні науки» (код та найменування) Освітня програма <u>«Інформаційні технології проектування»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів 1		Навчальний рік
Кількість змістових модулів 2		2021/ 2022
Індивідуальне завдання (назва)		Семестр
		2_-й
Загальна кількість годин – денна –48/150		Лекції ¹⁾
		24 годин
		Практичні, семінарські¹⁾
		_ _ годин
		Лабораторні ¹⁾
		24_ годин
		Самостійна робота
		_102 годин
		Вид контролю
		іспит
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента –6,2		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання –48/102

Примітка

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надання слухачам знань, умінь, навичок, методичних прийомів та засобів, що необхідні для вільного використання різноманітних засобів математичного моделювання на усіх стадіях життєвого циклу аерокосмічної техніки.

Завдання: вивчити загальні сіткові методи дискретизації диференціальних рівнянь та граничних умов за просторовими перемінними, їх різновиди та співвідношення, а також особливості їх використання.

Міждисциплінарні зв'язки: інтегровані комп'ютерні системи, дипломне проектування.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3 – Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4 – Навички роботи з інформацією (уміння знаходити та аналізувати інформацію з різних джерел).

ЗК7 – Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК10 – Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК11 – Здатність планувати та управляти часом.

ЗК12 – Здатність працювати в команді.

ЗК13 – Здатність розробляти та управляти проектами; дух підприємництва; здатність проявляти ініціативу.

ЗК14 – Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

ФК 1 – Здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та досліджування математичних моделей, зокрема дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, інтерпретування отриманих результатів.

ФК 3 – Здатність до побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення та аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

ФК 4 – Здатність опанувати сучасні технології математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти обчислювальні моделі та алгоритми чисельного розв'язання задач математичного моделювання з урахуванням похибок наближеного чисельного розв'язання професійних задач.

ФК 5 – Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні рішення, будувати моделі оптимального вибору управління з урахуванням змін параметрів економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.

ФК 6 – Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язання системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.

ФК 7 – Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання, реалізовувати алгоритми моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити експерименти за програмою моделювання з обробкою й аналізом результатів.

ФК 10 – Здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог замовника.

ФК 11 – Здатність до інтелектуального багатовимірної аналізу даних та їхньої оперативної

аналітичної обробки з візуалізацією результатів аналізу в процесі розв'язання прикладних задач в галузі комп'ютерних наук.

ФК 12 – Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

Програмні результати навчання:

ПРН 1 – Здатність формулювати та вирішувати дослідницьке завдання, для його вирішення збирати, оброблювати та систематизувати інформацію та формулювати висновки;

ПРН 2 – Здатність демонструвати знання систем хмарних обчислень, архітектури та стандартів комунікаційних засобів розподілених обчислень, концепцій паралельної обробки інформації та є здатним до використання отриманих знань у вирішенні практичних завдань;

ПРН 3 – Обізнаність в основах архітектурних рішень та електронних елементів сучасних комп'ютерних систем та застосовувати їх для моделювання;

ПРН 5 – Здатність до використання алгоритмів при проектуванні та подальшій експлуатації систем;

ПРН 6 – Здатність демонструвати знання з віртуалізації систем, протоколів захисту інформації та бути здатним до використання отриманих знань у вирішенні практичних завдань;

ПРН 8 – Обізнаність у існуючих інформаційних технологіях для вирішення професійних задач фахівців у ІТ-галузі та здатність до їх обґрунтованого вибору, налаштування та подальшої експлуатації;

ПРН 9 – Здатність демонструвати знання з існуючих методологій та інструментальних засобів щодо моделювання, аналізу та оптимізації бізнес- процесів та здатність до їх обґрунтованого використання;

ПРН 10 – Обізнаність у принципах організації та технологіях в інноваційній діяльності та їх використання для вирішення завдань з впровадження інновацій;

ПРН 14 – Здатність навчати інших та самонавчатися за різними аспектами професійної діяльності з метою підвищення рівня професійних та загальних компетентностей..

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Метод виважених нев'язок.

Тема 1. Вступ до дисципліни. Вступ. Предмет курсу - числові методи вирішення задач, описаних у формі звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР), систем ЗДР, диференціальних рівнянь в часткових похідних (ДРЧП), та систем ДРЧП з використанням програмного забезпечення на комп'ютері. Історичний огляд. Персоналії. Зв'язок з іншими науками та дисциплінами. Зміст курсу, основні теми- метод скінчених різниць (МСР), метод виважених нев'язок (МВН), метод скінчених елементів (МСЕ) та їх різновиди і зв'язки. Основні поняття, терміни, позначення та співвідношення. Зразки задач.

Поняття скінчених різниць в одновимірному випадку. Апроксимація похідних скінченими різницями, похибка апроксимації. Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних з крайовими умовами першого роду. Зразок вирішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності

Тема 2. Складні крайові умови та нелінійні задачі. Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних рівнянь із змішаними крайовими умовами. Зразки рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності із різними крайовими умовами. Особливості рішення нелінійних задач. Зразок вирішення одновимірного нелінійного рівняння ДР теплопровідності. Особливості використання МСР у багатовимірному випадку. Апроксимації часткових похідних скінченими різницями.

Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних рівнянь для ДР у часткових похідних. Зразок рішення задачі про крутіння стрижня прямокутного перерізу. Особливості застосування МСР в разі областей складної форми з криволінійними границями. Особливості дискретизації нелінійних задач в у багатовимірному випадку. Поняття збіжності наближення. Метод екстраполяції рішення. Зразок застосування методу екстраполяції в задачі кручення стрижня квадратного перерізу. Загальні зауваження щодо використання МСР.

Тема 3. Апроксимація функцій. Апроксимація функцій базисними функціями. Власності цілковитості та ортогональності множини базисних функцій. Інтерполяція та метод Фур'є для визначення коефіцієнтів апроксимації. Поняття нев'язки. Визначення коефіцієнтів апроксимації за допомогою МВН. Використання різноманітних вагових функцій: методи колокацій, метод Петрова- Гальоркіна, метод Гальоркіна та інші. Приклад визначення коефіцієнтів апроксимації функції двох перемінних за методом Гальоркіна.

Апроксимація рішень ДР з використанням базисних функцій. Різноманітні види вагових та базисних функцій у нев'язках: методи колокацій, метод Петрова- Гальоркіна, метод Гальоркіна, метод найменших квадратів та інші. Виконання крайових умов за допомогою базисних функцій. Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності за методами колокацій та Гальоркіна, порівняльний аналіз методів. . Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу за методом Гальоркіна.

Тема 4. Одночасна апроксимація диференціального рівняння та граничних умов. Одночасна апроксимація диференціального рівняння та граничних умов. Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності з крайовими умовами першого роду. Приклад рішення двовимірного рівняння ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу з крайовими умовами першого роду. Природні крайові умови. Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами. Двовимірний випадок. Приклад рішення двовимірного рівняння ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами.

Апроксимація за допомогою власних функцій, методи граничного вирішення (граничних інтегральних рівнянь). Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу з крайовими умовами першого роду. Рішення систем ЗДР за методом МВН. Приклад- рішення рівняння теплопровідності, порівняння із точним рішенням, оцінка наближеного рішення.

Тема 5. Двовірна задача пружності. Застосування МВН до рішення двовимірних задач на прикладі задачі теорії пружності. Приклад рішення задачі про деформування квадратної пластини із змішаними крайовими умовами. Порівняння з точним вирішенням, оцінка наближеного рішення.

Застосування МВН до рішення нелінійних задач на прикладі рішення двовимірного рівняння теплопровідності. Приклад рішення одновимірної задачі теплопровідності за методом точкової колокації. Порівняння з точним вирішенням та вирішенням за МСР. Загальні зауваження щодо застосування МВН з використанням гладких базисних функцій.

Тема 6. Використання кусочно- визначених базисних функцій. Апроксимація функцій з використанням кусочно- визначених базисних функцій. Поняття скінченного елемента. Особливості обчислювання інтегралів виважених нев'язок. Квазиортогональність матриць. Найпростіші види локально- визначених базисних функцій в одно- та дво- вимірних випадках. Апроксимація рішень та вимога гладкості. Слабке формулювання та метод Галеркіна. Приклад рішення одновимірного ДР теплопровідності із крайовими умовами першого роду. Процедура ансамблювання системи рівнянь МСЕ. Приклад рішення одновимірного ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами. Приклад рішення системи ЗДР за методом МСЕ.

Приклади застосування скінчено- елементного підходу до аналізу технічних систем: ферменна конструкція, складні електричні сітки. Приклад рішення задачі про розтяг стрижня. Узагальнення МСЕ на дво- та три- вимірні випадки. Найпростіші СЕ: трикутник, білінійний прямокутник, трикутна піраміда, трилінійний паралелепіпед.

Тема 7. Вирішення двовірної скалярнозначної задачі. Вирішення двовірної задачі із скалярною невідомою функцією на прикладі задачі теплопровідності. Трикутні та прямокутні скінчені елементи. Приклад рішення задачі теплопровідності з використанням трикутних та прямокутних СЕ.

Рішення задачі з векторною невідомою функцією на прикладі плоскої задачі теорії пружності з використанням трикутних скінчених елементів. Приклад рішення.

Порівняння використання МСР та МСЕ для вирішення ДР загального виду. Висновок, що МСР є різновидом МСЕ, що використовує в якості базисних функцій δ - функції Дірака. Заключні зауваження щодо особливостей, недоліків, перевагах використання МСЕ.

Змістовий модуль 2. Метод часткової дискретизації та нестационарні задачі.

Тема 8. Метод часткової дискретизації. Часткова дискретизація для крайових задач (метод прямих, метод Канторовича). Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу.

Тема 9. Часткова дискретизація для нестационарних задач. Приклад рішення нестационарної задачі теплопровідності з скінчено-елементною дискретизацією за просторовою координатою. Процедури аналітичного вирішення систем ЗДР.

Тема 10. Нестационарні задачі- рішення за МСЕ. Процедури скінчено-елементного рішення за часом. Рівняння першого порядку за часом. Найпростіші схеми дискретизації за часом: Ейлера, Кранка-Николсона, «різниця назад».

Тема 11. Багатошарові схеми для рівнянь першого порядку. Приклад рішення задачі. Поняття (обчислювальної) стійкості схеми. Характеристики стійкості. Приклади аналізу стійкості схем.

Тема 12. Рівняння другого порядку за часом. Рішення рівнянь другого порядку. Стійкість тришарових схем. Нелінійні нестационарні задачі. Загальні зауваження до використання МСР до вирішення нестационарних задач.

Тема 13. Узагальнення.

Загальна схема дискретизації систем диференціальних рівнянь

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Метод виважених нев'язок (МВН)					
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Вступ до дисципліни.	6	2			4
Тема 2. Складні крайові умови та нелінійні задачі.	10	2			8
Тема 3. Апроксимація функцій.	12	2		2	8
Тема 4. Одночасна апроксимація диференціального рівняння та граничних умов.	12	2		2	8
Тема 5. Двовірна задача пружності.	10	2			8
Тема 6. Використання кусочно- визначених базисних функцій.	12	2		2	8
Тема 7. Вирішення двовірної скалярнозначної задачі.	12	2		2	8
Модульний контроль	2	2			
Разом за змістовим модулем 1	76	16		8	52
Змістовий модуль 2. Метод часткової дискретизації та нестационарні задачі.					
Тема 8. Метод часткової дискретизації.	12	1		2	9
Тема 9. Часткова дискретизація для нестационарних задач	12	1		4	7
Тема 10. Нестационарні задачі - рішення за МСЕ.	14	1		4	9
Тема 11. Багатошарові схеми для рівнянь першого порядку	14	1		4	9
Тема 12. Рівняння другого порядку за часом.	14	1		2	11
Тема 13. Узагальнення	6	1			5
Модульний контроль	2	2			
Разом за змістовим модулем 2	74	8		16	50
Усього годин	150	24		24	102
Індивідуальне завдання					
Екзамен					
Усього годин	150	24		24	102

5. Теми семінарських занять

Семінарських занять немає.

6. Теми практичних занять

Практичних занять немає.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Деякі можливості MathCAD. Рішення ДР за методом скінчених різниць.	2
2	Використання методу виважених нев'язок.	2
3	Наближення функції за методом виважених нев'язок за допомогою скінчено елементної дискретизації	2
4	Чисельне рішення диференціального рівняння у часткових похідних за методом виважених нев'язок.	2
5	Рішення ДР з початковими умовами. Чисельна нестійкість.	2
6	Рішення звичайного диференціального рівняння за методом скінчених елементів.	2
7	Чисельне рішення звичайного диференціального рівняння за методом виважених нев'язок.	2
8	Рішення диференціального рівняння у часткових похідних за допомогою загальної дискретизації	2
9	Рішення диференціального рівняння у часткових похідних за допомогою загальної дискретизації	4
10	Рішення диференціального рівняння у часткових похідних гіперболічного типу з початковими умовами.	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	6
Тема 1	Вступ до дисципліни.	4
Тема 2	Складні крайові умови та нелінійні задачі.	8
Тема 3.	Апроксимація функцій.	8
Тема 4.	Одночасна апроксимація диференціального рівняння та граничних умов.	8
Тема 5.	Двовірна задача пружності.	8
Тема 6.	Використання кусочно- визначених базисних функцій.	8
1	2	3
Тема 7.	Вирішення двовірної скалярнозначної задачі.	8
Тема 8.	Метод часткової дискретизації.	9
Тема 9.	Часткова дискретизація для нестационарних задач	7
Тема10.	Нестационарні задачі- рішення за МСЕ.	9
Тема 11.	Багатошарові схеми для рівнянь першого порядку ема	9
Тема 12.	Рівняння другого порядку за часом.	11
Тема 13.	Узагальнення	5
	Разом	102

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальних занять немає.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Розподіл балів, які отримують студенти (іспит)

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання та захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання та захист лабораторних робіт	0...3	8	0...24
Модульний контроль	0...27	1	0...27
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та однієї практичної задачі. За кожне теоретичне питання максимальна кількість балів 25, за практичну задачу- 50 балів, загалом 100 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- 1 Поняття скінчених різниць в одновимірному випадку.
- 2 Апроксимація похідних скінченими різницями, похибка апроксимації.
- 3 Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних з крайовими умовами першого роду.
- 4 Зразок вирішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності.
- 5 Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних рівнянь із змішаними крайовими умовами.
- 6 Зразки рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності із різними крайовими умовами.
- 7 Особливості рішення нелінійних задач.
- 8 Зразок вирішення одновимірного нелінійного рівняння ДР теплопровідності.
- 9 Особливості використання МСР у багатовимірному випадку.
- 10 Апроксимації часткових похідних скінченими різницями.
- 11 Побудова та вирішення скінчено- різницевої системи алгебраїчних рівнянь для ДР у часткових похідних.
- 12 Зразок рішення задачі про крутіння стрижня прямокутного перерізу.

- 13 Особливості застосування МСР в разі областей складної форми з криволінійними границями.
- 14 Особливості дискретизації нелінійних задач в у багатовимірному випадку.
- 15 Поняття збіжності наближення.
- 16 Метод екстраполяції рішення.
- 17 Зразок застосування методу екстраполяції в задачі кручення стрижня квадратного перерізу.
- 18 Загальні зауваження щодо використання МСР.
- 19 Апроксимація функцій базисними функціями.
- 20 Властивості цілковитості та ортогональності множині базисних функцій.
- 21 Інтерполяція та метод Фур'є для визначення коефіцієнтів апроксимації.
- 22 Поняття нев'язки.
- 23 Визначення коефіцієнтів апроксимації за допомогою МВН.
- 24 Використання різноманітних вагових функцій: методи колокацій, метод Петрова-Гальоркіна, метод Гальоркіна та інші.
- 25 Приклад визначення коефіцієнтів апроксимації функції двох перемінних за методом Гальоркіна.
- 26 Апроксимація рішень ДР з використанням базисних функцій.
- 27 Різноманітні види вагових та базисних функцій у нев'язках: методи колокацій, метод Петрова-Гальоркіна, метод Гальоркіна, метод найменших квадратів та інші.
- 28 Виконання крайових умов за допомогою базисних функцій.
- 29 Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності за методами колокацій та Гальоркіна, порівняльний аналіз методів.
- 30 Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу за методом Гальоркіна.
- 31 Одночасна апроксимація диференціального рівняння та граничних умов.
- 32 Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності з крайовими умовами першого роду.
- 33 Приклад рішення двовимірного рівняння ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу з крайовими умовами першого роду.
- 34 Природні крайові умови.
- 35 Приклад рішення одновимірного рівняння ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами.
- 36 Двовимірний випадок. Приклад рішення двовимірного рівняння ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами.
- 37 Апроксимація за допомогою власних функцій, методи граничного вирішення (граничних інтегральних рівнянь).
- 38 Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу з крайовими умовами першого роду.
- 39 Рішення систем ЗДР за методом МВН.
- 40 Приклад- рішення рівняння теплопровідності, порівняння із точним рішенням, оцінка наближеного рішення.
- 41 Застосування МВН до рішення двовимірних задач на прикладі задачі теорії пружності.
- 42 Приклад рішення задачі про деформування квадратної пластини із змішаними крайовими умовами. Порівняння з точним вирішенням, оцінка наближеного рішення.
- 43 Застосування МВН до рішення нелінійних задач на прикладі рішення двовимірного рівняння теплопровідності.
- 44 Приклад рішення одновимірної задачі теплопровідності за методом точкової колокації. Порівняння з точним вирішенням та вирішенням за МСР. Загальні зауваження щодо застосування МВН з використанням гладких базисних функцій.
- 45 Апроксимація функцій з використанням кусочно- визначених базисних функцій.

- 46 Поняття скінченого елемента.
- 47 Особливості обчислювання інтегралів виважених нев'язок. Квазиортогональність матриць.
- 48 Найпростіші види локально- визначених базисних функцій в одно- та дво- вимірних випадках.
- 49 Апроксимація рішень та вимога гладкості.
- 50 Слабке формулювання та метод Галеркіна.
- 51 Приклад рішення одновимірного ДР теплопровідності із крайовими умовами першого роду.
- 52 Процедура ансамблювання системи рівнянь МСЕ.
- 53 Приклад рішення одновимірного ДР теплопровідності із змішаними крайовими умовами.
- 54 Приклад рішення системи ЗДР за методом МСЕ.
- 55 Приклади застосування скінчено- елементного підходу до аналізу технічних систем: ферменна конструкція, складні електричні сітки.
- 56 Приклад рішення задачі про розтяг стрижня.
- 57 Узагальнення МСЕ на дво- та три- вимірні випадки.
- 58 Найпростіші СЕ: трикутник, білінійний прямокутник, трикутна піраміда, трилінійний паралелепіпед.
- 59 Вирішення двовимірної задачі із скалярною невідомою функцією на прикладі задачі теплопровідності.
- 60 Трикутні та прямокутні скінчені елементи.
- 61 Приклад рішення задачі теплопровідності з використанням трикутних та прямокутних СЕ.
- 62 Рішення задачі з векторною невідомою функцією на прикладі плоскої задачі теорії пружності з використанням трикутних скінчених елементів. Приклад рішення.
- 63 Порівняння використання МСР та МСЕ для вирішення ДР загального виду. Висновок, що МСР є різновидом МСЕ, що використовує в якості базисних функцій δ - функції Дірака.
- 64 Заключні зауваження щодо особливостей, недоліків, перевагах використання МСЕ.
- 65 Часткова дискретизація для крайових задач (метод прямих, метод Канторовича).
- 66 Приклад рішення двовимірного ДР крутіння стрижня прямокутного перерізу.
- 67 Приклад рішення нестационарної задачі теплопровідності з скінчено-елементною дискретизацією за просторовою координатою.
- 68 Процедури аналітичного вирішення систем ЗДР.
- 69 Процедури скінчено-елементного рішення за часом.
- 70 Рівняння першого порядку за часом. Найпростіші схеми дискретизації за часом: Ейлера, Кранка-Николсона, «різниця назад». Приклад рішення задачі.
- 71 Поняття (обчислювальної) стійкості схеми. Характеристики стійкості. Приклади аналізу стійкості схем.
- 72 Рішення рівнянь другого порядку. Стійкість тришарових схем.
- 73 Нелінійні нестационарні задачі.
- 74 Загальні зауваження до використання МСР до вирішення нестационарних задач.
- 75 Загальна схема дискретизації систем диференціальних рівнянь

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

- 1 Будувати апроксимації похідних скінченими різницями
- 2 Визначати похибку апроксимації скінченими різницями.
- 3 Будувати та вирішувати скінчено- різницеvu систему алгебраїчних рівнянь з крайовими умовами першого роду за допомогою MathCAD (одновимірний випадок).
- 4 Будувати апроксимації часткових похідних скінченими різницями.

- 5 Будувати та вирішувати скінчено- різницеву систему алгебраїчних з крайовими умовами першого роду за допомогою MathCAD (двовимірний випадок).
- 6 Визначати коефіцієнти інтерполяції.
- 7 Визначати рішення одновимірного рівняння теплопровідності за методами колокацій та Гальоркіна.
- 8 Будувати скінчено елементні матриці для простих скінчених елементів.
- 9 Будувати рішення за МВН.
- 10 Вміти будувати схеми Ейлера, Кранка-Николсона, «різниця назад».

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою
	Іспит
90 – 100	Відмінно
75 – 89	Добре
60 – 74	Задовільно
0 – 59	Незадовільно

13. Методичне забезпечення

1. Приклади використання методів, основні теоретичні положення та завдання для самостійного контролю у електронній формі та допоміжні матеріали надаються студентам на сервері кафедри.

14. Рекомендована література

Базова

1. Васильєва Л.В., Гончаров О.А., Коновалов В.А., Соловйова Н.А. Чисельні методи розв'язання інженерних задач у пакеті MathCAD.- Краматорськ: ДДМА, 2006.-108 с. ISBN 966-379-101-2.
2. Гончаров О.А., Васильєва Л.В., Юнда А.М. Чисельні методи розв'язання прикладних задач.- Суми: Сумський державний університет, 2020.- 142 с. ISBN 978-966-657-828-3.
3. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці.- Київ: Видавнича група ІРМ, 2006.-480 с. ISBN 966-552-155-1.

Допоміжна

2. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Методы граничных элементов в прикладных науках . – М.: Мир, 1986.
3. Володин В.В. Автоматизация проектирования летательных аппаратов. - М., 1991.
4. Деклу Ж. Метод конечных элементов. М.: Мир, 1976.
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
6. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. – М.: Мир, 1986.
7. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. – М.:Мир, 1976.
8. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач.– М.: Мир, 1972.
9. Сильвестер П., Феррари Р. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров-электриков. – М.: Мир, 1986.
10. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М. Мир, 1977. -

15. Інформаційні ресурси

1. Норенков И.П. Электронный учебный курс «Разработка САПР». http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Default/201_CAD_Design.cou
2. Сайт журналу «САПР и графика». <http://www.sapr.ru>
3. Сайт журналу «CADmaster». <http://www.cadmaster.ru>