



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Алгоритми МСЕ

Шифр та назва спеціальності
113 – Прикладна математика

Освітня програма
Комп'ютерне та математичне моделювання

Рівень освіти
Магістр-професіонал (1 рік 4 місяці)
Магістр-науковець (1 рік 9 місяців)

Семестр
1

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Кафедра
Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

Тип дисципліни
Профільна, вибіркова

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Ларін Олексій Олександрович (відповідальний лектор)

Oleksiy.Larin@khpri.edu.ua

доктор техніч. наук, професор, досвід роботи - 15 років
Фахівець в галузі обчислювальної механіки, ймовірного моделювання та прогнозуванні надійності. Основний фокус наукових робіт присвячено розробці моделей, методів, підходів та алгоритмів комп'ютерного моделювання та статистичного аналізу інженерних систем, зокрема із випадковими параметрами. Автор понад 150 наукових та методичних праць

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дана дисципліна є комплексним вивченням обчислювальних методів для вирішення складних інженерних і фізичних задач в рамках застосування концепції методу скінченних елементів. Курс охоплює низку тем, включаючи варіаційні методи, теоретичні особливості побудови скінченно-елементних формулювань в механіці, числове інтегрування та алгоритми створення сіток. Студенти отримують практичний досвід у програмуванні для окремих елементів комплексної задачі комп'ютерного моделювання на основі МСЕ.

Мета та цілі дисципліни

Курс має на меті надати студентам міцну математичну та обчислювальну основу для проведення поглибленого моделювання в інженерії та фізиці, озброївши їх знаннями та навичками, необхідними для ефективного вирішення проблем і розробки моделей.

Цілі курсу:

1) сприяти глибокому розумінню математичних принципів, що лежать в основі варіаційних методів, побудов скінчених елементів, генерації сіток та чисельного інтегрування

2) розвинути здатність ефективно застосовувати математичні концепції до інженерних і фізичних проблем.

3) Дати можливість студентам критично оцінити придатність підходів до моделювання для конкретних завдань

4) навчити студентів критично оцінювати результати моделювання, інтерпретуючи їх у контексті інженерних та фізичних систем

5) розвинути здатність визначати точність і надійність результатів моделювання та ефективно повідомляти результати зацікавленим сторонам

Формат занять

Лекції, практичні заняття. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ЗК1. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) та нестандартні підходи до їх реалізації.

ЗК7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

СК1. Здатність розв'язувати задачі й проблеми, які можуть бути формалізовані, потребують оновлення й інтеграції знань, зокрема в умовах неповної інформації.

СК2. Здатність проводити наукові дослідження з розробки нових та адаптації існуючих математичних та комп'ютерних моделей для дослідження різноманітних процесів, явищ і систем, здійснювати відповідні експерименти та аналізувати одержані результати.

СК3. Здатність розробляти методи й алгоритми побудови, дослідження та програмної реалізації математичних моделей у техніці, фізиці, біології, медицині та інших галузях та здійснювати їх аналіз.

СК7. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення для розв'язування формалізованих задач, зокрема систем з великими обсягами даних.

Результати навчання

РН4. Будувати математичні моделі складних систем і вибирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютерних технологій.

РН5. Обґрунтовувати та за необхідності розробляти нові алгоритми і програмні засоби для розв'язання наукових та прикладних задач, застосовувати, модифікувати і досліджувати аналітичні та обчислювальні методи їх розв'язування.

РН8. Розробляти та програмно реалізовувати алгоритми розв'язування прикладних задач, системне та прикладне програмне забезпечення інформаційних систем і технологій.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредитів ECTS): лекції – 16 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 58 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для загального розуміння лекцій передбачається, що студенти мають підготовку з наступних дисциплін: математичний аналіз (диференціальне, інтегральне числення та ряди); Лінійна алгебра (матрична, векторна алгебра) і тензорний аналіз (основи); Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики; чисельні методи та основи теорії оптимізації.

Знання дисциплін «Теоретична та аналітична механіка»; «Теорія пружності або опору матеріалів»; «Теорія лінійної динаміки дискретних систем» загалом передбачається на базовому рівні розуміння з математичної, фізичної та інженерної точок зору.

Навички базового кодування Python вітаються, але не є обов'язковими.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Методи викладання та вивчення курсу включають традиційні лекції для теоретичних основ та практики. Практика побудована в такий спосіб, що студентам напередодні самого практичного завдання видається завдання для самостійного опрацювання. Це може бути задача чи низка математичних завдань для розв'язку або завдання для самостійного програмування. Саме ж

практичне заняття присвячено консультаціям з проблем які виникли під час самостійного вирішення поставлених завдань та захистів отриманих результатів. Важливим є відповіді на теоретичні питання щодо теми зі заданої практики, а також інтерпретація отриманих результатів та висновки.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Основні питання методу скінченних елементів (МСЕ).

Основні ідеї МСЕ, підходи, концепції та напрямки застосування

Тема 2. Варіаційні принципи та їхні застосування для загальною постановкою МСЕ

Короткі відомості варіаційного числення. Принцип віртуальної роботи

Тема 3. Стратегії рішень.

Метод Рітца. Метод Гальоркіна. Метод зважених нев'язок. Метод колокацій.

Тема 4. Побудова функцій форм SE.

Принцип побудови та типи функцій форм. 1D, 2D та 3D варіанти. Підходи до створення гіперпараметричних SE

Тема 5. Схеми інтегрування SE та побудови матриці жорсткості.

Різні методи чисельного інтегрування особливості застосування в МСЕ постановках. Метод Гауса.

Тема 6. Алгоритми генерації розрахункових сіток.

Методики та алгоритми генерації регулярних та довільних сіток в плоскій та тривимірній постановках. Метод тріангуляції Делоне. Індикатори та критерії перевірки якості SE.

Тема 7 МСЕ в задачах динаміки.

Постановка задач динаміки в межах концепції МСЕ. Підходи явної динаміки та прямого інтегрування рівнянь по часу

Тема 8 Нелінійні задачі МСЕ.

Моделі та постановки, що призводять до нелінійності. Формулювання фізично нелінійних рівнянь та алгоритм розв'язку відповідної задачі.

Теми практичних/лабораторних занять:

Практичне заняття 1.

Розгляд процедури зборки глобальної матриці жорсткості. Приклади для плоских задач. Переведення локальних та глобальних координат.

Практичне заняття 2

Застосування методів Гальоркіна, зважених нев'язок та колокацій для 1 вимірної проблеми механічної деформації стрижня.

Практичне заняття 3

Побудова функцій форм SE у 1d варіанти

Практичне заняття 4.

Вступ до Colab на Python

Практичне заняття 5.

Побудова функцій форм та їхня програмна візуалізація.

Практичне заняття 6

Тріангуляції за Делоне.

Практичне заняття 7

Програмна реалізація автоматичної генерації сітки.

Практичне заняття 8

Вирішення нестационарної задачі теплопровідності для одновимірного випадку в межах МСЕ підходу

Самостійна робота складається з наступних компонентів

Опрацювання лекційного матеріалу.

Виконання завдань практичних та з програмування (кодування), які видаються після кожної лекції та очікуються бути виконаними напередодні практичного заняття. Тут слід зазначити, що час практики в основному відводиться на консультації щодо проблем які виникли під час

попереднього виконання завдань та на індивідуальний захист звітів з них, але не на їх виконання як таке, яке передбачається в рамках самостійної роботи.

Література та навчальні матеріали

- [1] Zienkiewicz, Olek C., Robert Leroy Taylor, and Jian Z. Zhu. The finite element method: its basis and fundamentals. Elsevier, 2005.
- [2] Hughes, Thomas JR. The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis. Courier Corporation, 2012.
- [3] Reddy, Junuthula Narasimha. Introduction to the finite element method. McGraw-Hill Education, 2019.
- [4] Belytschko, Ted, et al. Nonlinear finite elements for continua and structures. John Wiley & sons, 2014

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Теоретична частина: 30 балів

у формі усного екзамену (2 питання у білеті по 12 балів та додаткові усні запитання 6 балів)

Практична частина курсу: 70 балів

Доробок формується з 7 індивідуально виконаних завдань, що представлені та захищені на практичних заняттях. 10 балів кожна практика. Практичне заняття №4 не оцінюється.

Виконання всіх практичних завдань є допуском теоретичного колоквиуму на заліку

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження
30.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

Дата погодження
30.08.2023

Гарант ОПП (1 рік 4 місяці)
Олексій ЛАРІН

Гарант ОНП (1 рік 9 місяців)
Геннадій МАРТИНЕНКО