



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Метод скінченних елементів

Шифр та назва спеціальності
113 – Прикладна математика

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма
Комп'ютерне та математичне моделювання,

Кафедра
Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Спеціальна (фахова), Вибіркова

Семестр
8

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Грищенко Володимир Миколайович

Volodimir.grischenko@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри ММІ НТУ "ХПІ"

Автор понад 90 наукових та методичних публікацій.

Провідний лектор дисциплін: «Теорія динамічних процесів-I», «Теорія динамічних процесів-II», «Метод скінченних елементів», «Математичні методи аналізу динаміки машин», «Нелінійні процеси та моделі», «Моделювання динамічних процесів»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

МСЕ – основний чисельний інструмент аналізу широкого кола задач механіки. Дисципліна спрямована на оволодіння теоретичними основами методу скінченних елементів, алгоритмічних засобів його реалізації в сучасних системах інженерного аналізу і проектування. Придбання студентами практичних навичок, прийомів та методів МСЕ для виконання конкретних розрахунків складних конструкцій. Дисципліна викладається у 8-му семестрі та передбачає: 20 годин лекцій, 20 годин практичних занять, 80 годин самостійної роботи. Контрольне розрахункове завдання. Колоквіум. Підсумковий контроль – залік.

Мета та цілі дисципліни

Дисципліна направлена на оволодіння базовими знаннями з теоретичних основ методу скінченних елементів та особливостями його реалізації в сучасних комп'ютерних системах інженерного аналізу. Придбання студентами навичок у застосуванні прийомів та методів МСЕ шляхом виконання розрахунків конструкцій. Цілі та завдання дисципліни включають також: закріплення знань студентів в області теоретичної та аналітичної механіки, теоретичних основ моделювання фізичних процесів, напрацюванні навичок сучасним методам дослідження.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Обов'язкові контрольні завдання по вузловим розділам. Колоквіум. Підсумковий контроль - залік.

Компетентності

ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК13. Навички міжособистісної взаємодії.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

ФКС1. Здатність створювати математичні моделі в контексті механіки твердого деформівного тіла.

Результати навчання

РН12. Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

РНС1. Вміти створювати математичні моделі для механіки твердого деформівного тіла.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 20 год., практичні заняття – 20 год., самост робота – 80 год

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Математичний аналіз, диференціальні рівняння, обчислювальні методи, теоретична та аналітична механіка, теоретичні основи моделювання фізичних процесів, теорія динамічних процесів-І.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Теоретичний матеріал закріплюється на практичних заняттях. Для оволодіння основами методу скінченних елементів необхідними умовами є виконання контрольних завдань. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі. Їх результати є основою поточного та підсумкового контролю. Демонструються приклади рішення задач МСЕ в комп'ютерних системах (Ansys Workbench). Необхідно працювати з навчальною літературою та літературою на електронних носіях в Інтернеті

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

1. Вступ. Значення і задачі курсу.

Області застосування МСЕ. X-ка основних SE для рішення задач механіки суцільного середовища. Приклади в техніці. Основні положення методу. Типи скінченних елементів. Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів

2. Прямий МСЕ як чисельна реалізація методу переміщень механіки стержневих систем.

2.1. Поздовжня деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження.

2.2. Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів

3. Приведення довільних навантажень на елемент до еквівалентних вузлових.

3.1. Деформація стержневої системи при дії поза вузлового навантаження

4. Згинальна деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження.

4.1. Обчислення матриці жорсткості згинального стержневого SE.

4.2. Обчислення векторів приведенного навантаження для характерних типів зусиль: розподіленого, зосередженого, кусково неперервного.

5. Автоматизація побудови розрахункових рівнянь методу.

Матриця індексів і вантажна матриця.

6. Перетворення матриці жорсткості та вектору приведених поза вузлових навантажень при повороті координатних осей. Матриця повороту.

6.1. Згинально-поздовжня деформація плоскої стержневої системи.

7. Поняття про варіаційну трактовку МСЕ.

7.1. Суть варіаційного підходу рішення задач механіки. Квадратичний функціонал енергії в гільбертовому просторі для рішення рівнянь математичної фізики в частинних похідних.

7.2. Поняття про основний алгоритм варіаційного МСЕ. Побудова функції переміщень в МСЕ.

7.3. Поняття функцій форми елемента. Функції форми для апроксимації переміщень стержневих, пластинчатих і об'ємних симплекс елементів. Функції форми згинального стержневого елемента.

7.4. Загальне поняття про формулювання МСЕ 3-х вимірних задач теорії пружності на основі мінімуму повної потенціальної енергії. Принцип і алгоритм обчислення матриці жорсткості елемента при рішенні задач теорії пружності. Приведення довільного навантаження на елемент до еквівалентного вузлового.

Теми практичних занять

1. Прямий МСЕ як чисельна реалізація методу переміщень механіки стержневих систем.

1.1. Основні положення методу. Типи скінченних елементів. Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів.

1.2. Поздовжня деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження.

1.3. Алгоритм обчислення розрахункових рівнянь методу на основі умов сумісності переміщень і рівноваги сил у вузлах.

1.4. Приведення довільних навантажень на елемент до еквівалентних вузлових.

1.5. Обчислення матриці жорсткості згинального стержневого SE. Згинальна деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового та поза вузлового навантаження.

1.6. Матриця індексів для рівнянь згинальної деформація стержневої системи.

1.7. Перетворення матриці жорсткості та вектору реакцій при повороті координатних осей.

Матриця повороту.

2. Поняття про варіаційну трактовку МСЕ.

2.1. Зв'язок МСЕ з методом Рітца. Прямі варіаційні методи рішення задач механіки. Поздовжня, згинальна деформації стержневої систем методом Рітца.

2.2. Загальні поняття про основний алгоритм варіаційного МСЕ. Поздовжня та згинальна деформації стержневої системи при дії зовнішнього вузлового та поза вузлового навантаження.

2.3. Алгоритм обчислення матриці жорсткості.

Теми лабораторних робіт

Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до практичних занять.

2. Для закріплення матеріалу курсу обов'язковим є виконання КЗ:

- Кз1 "Прямий метод МСЕ в розрахунках згинальної деформації стержневої системи".

3. Підготовка до Колоквіуму. По результатам виконання КЗ оформлюється Звіт та захищається на колоквіумі з опитуванням теоретичних основ по темі.

4. Для поглибленого знайомства з проблемами МСЕ можна розглядати теми:

- Основні положення методу. Типи SE. Досягнення в напрямку розвитку методу.
- Основні положення опору матеріалів при поздовжньому та згинальному деформуванні стержневої системи.
- Імпульсивні функції для врахування дії зосереджених сил.
- Матриця індексів при автоматизації побудови розрахункових рівнянь конструкції.
- Суть варіаційних методів рішення задач механіки. Метод Рітца.
- Метод суперелементів.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О В. Основи методу скінченних елементів: навч. посіб. Чернівці: ЧДТУ, 2007. 288с.
2. Tirupathi R.Chandrupatla, Ashok D.Belegundu. Introduction to Finite Elements in Engineering :fourth edition, Pearson Education, 2012. 663р.
3. Mary Kathryn Thompson, John M. Thompson. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis. Elsevier Science, 2017, 466р.
4. Xiaolin Chen, Yijun Lin. Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench. CRC Press, 2018. 471р.
5. Ramana M Ridaparti. Engineering Finite Element Analysis. Morgan & Clay pool, 2017.
4. Грищенко В М., Трунін А Є. Методичні вказівки для виконання контрольних завдань з курсу Метод скінченних елементів в інженерних розрахунках. Харків: НТУ"ХПІ", 2004. 64с.

Додаткова література

1. P.Seshu. TextBook of Finite Element Analysis. Philearning Private Limited, New Delly, 2012.
2. Zienkiewich O C. The Finite Element Method. McGraw-Hill (UK), London, 1977.
3. Поточні методичні матеріали.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів здачі Колоквиума по виконанню Кз (70%), результатів активності студента на лк/пз (10%) та оцінювання на Заліку (20%).

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-dobrocheshnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Олексій Водка

29 серпня 2023 р

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Геннадій Львов

