

ВК 4 Математичні методи в інженерних розрахунках

Кафедра будівельних конструкцій

Будівельний факультет

Лектор	к.т.н., доцент Срібняк Наталія Миколаївна
Семестр	3
Освітній ступінь	Магістр
Кількість кредитів ЄКТС	5
Форма контролю	Залік
Аудиторні години	40 (20 - лекцій, 20 - практичних)

Загальний опис дисципліни

Дисципліна “Математичні методи в інженерних розрахунках” є вибірковою дисципліною магістрів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Навколишній світ (загалом) та інженерно-технічні об'єкти (зокрема) описуються диференціальними рівняннями у окремих похідних. Як правило, отримати точне аналітичне розв'язання таких рівнянь досить складно, тому розрахунки змушені вдаватися до чисельних (наближених) методів розрахунку. Одним із таких інструментів і є метод кінцевих елементів (або в англійській літературі поширені такі аналоги цих аббревіатур: *FEM* (Finite Element Method), *FEA* (Finite Element Analysis)). МКЕ – є одним із актуальних методів математики (математичного аналізу).

Типове інженерне завдання в МКЕ починається з підготовки **моделі** – віртуального аналога реальної будівельної конструкції, технологічного виробу, деталі механізму тощо.

З геометричної точки зору, розрахункова модель є полем точок, пов'язаних між собою примітивами (відрізками прямих ліній, трикутниками, прямокутниками тощо). Так утворюється якась сітчаста структура - геометрія вихідної конструкції апроксимується накладеною на неї сіткою і подальша робота здійснюється вже не з вихідною системою, а з отриманою сіткою.

Крім геометрії, примітиви, що з'єднують вузлові точки моделі, мають також відомі механічні властивості. Це означає, що зв'язавши жорсткості всіх елементів сітки в єдине ціле (у рамках прийнятих у моделі припущень), можна встановити напружено деформований стан всієї системи. Так конструктор може отримати будь-які фактори, що його цікавлять - поздовжні і поперечні сили, згинальні і крутильні моменти, напруження, деформації та ін.

Кількість вузлів та елементів, з яких складається розрахункова модель, заздалегідь відома. Для деяких складних систем вона може вимірюватися тисячами і навіть мільйонами, так чи інакше, кількість вузлів та елементів є кінцевою величиною. Ця обставина, а також те, що заздалегідь принцип роботи кожного окремого елемента системи є відомим, обумовило назву — **метод кінцевих елементів**. А саму сітку називають, як правило, кінцево-елементною.

Метою вивчення дисципліни є освоєння основних понять МКЕ, їх видів, концепцій алгоритмів методу, понять про системи рівнянь МКЕ для конструкції, системи рівнянь для лінійної теорії пружності, метод МКЕ для двовимірних тіл, застосування МКЕ стосовно балок і плоских рам.

Як результат вивчення дисципліни студенти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» повинні:

знати:

основи МКЕ, види методу, матричне формулювання основних рівнянь методу, основні рівняння методу сил та методу деформацій, матрицю жорсткості кінцевого елемента, що вигинається, матрицю жорсткості для стержнів плоскої рами

уміти:

-для плоскої балки за допомогою матричного методу будувати епюри поперечних сил і згинальних моментів;

-для плоскої рами за допомогою матричного методу будувати епюри поперечних сил, згинальних моментів, поздовжніх сил.

Перелік тем, що виносяться на розгляд:

1.	Розвиток методу кінцевих елементів (МКЗ)
2.	Основа МКЕ
3.	Різні види МКЕ
4.	Концепція алгоритмів МКЕ
5.	Основи методу кінцевих елементів
	5.1 Поняття про метод кінцевих елементів
	5.2 Опис властивостей кінцевого елемента
	5.2.1 Функція переміщень
	5.2.2 Функція деформацій
	5.2.3 Функція напружень
	5.3 Система рівнянь МКЕ для конструкції в цілому
6.	Основні рівняння лінійної теорії пружності
7.	Матричне формулювання основних рівнянь
8.	Варіаційне формулювання
9.	Методи апроксимації
10.	Загальна теорія МКЕ
	10.1 Варіаційне формулювання
	10.2 Прямий метод
	10.3 Метод резидууму
	10.4 Про точність та конвергенцію рішення щодо МКЕ
11.	Двовимірні проблеми
	11.1 Основні рівняння
	11.2 Метод деформацій
	11.3 Метод сил
	11.4 Приклад застосування МКЕ в розрахунках конструкцій

12	Розрахунок балок
	12.1 Поняття про згинання. Основні залежності при згинанні
	12.2 Функція переміщень при згинанні
	12.3 Вектори деформацій, напружень і зусиль
	12.4 Матриця жорсткості кінцевого елемента
	12.5 Врахування впливу розподіленого навантаження на величину навантажень у вузлах
	12.6 Приклад розрахунку
13.	Розрахунок плоских рам
	Згинання з розтяганням плоского стрижня
	Матриця жорсткості в локальних координатах для кінцевого елемента при згинанні з розтяганням
	Матриця жорсткості для стрижнів плоскої рами
	Приклад розрахунку

Джерела

- 1.Метод конечных элементов в инженерных расчетах. САЕ-системы в механике .
<https://www.dystlab.store/index.php/ru/blog/longread/91-introducing-fem>
2. Овчаренко В.А., Подлесний С.В., Зінченко С.М. О 35 Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с. ISBN 978-966-379-224-8
3. Секулович М. Метод конечных элементов/пер. с серб. Ю.Н. Зуева; под ред. В.Ш. Барбакадзе. М.: Стройиздат, 1993, 664 с.: ил. перевод изд. metod konacnih elemenata/Miodrag Sekulovic, 1988.