

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра Теоретичної та прикладної механіки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Перший проректор

“ _____ ” _____ 2012_ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи методу скінченних елементів
(шифр і назва навчальної дисципліни)
напряму підготовки 6.040202 механіка
(шифр і назва напряму підготовки)
для спеціальності 7.0402021 «Теоретична та прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності (тей)
спеціалізації _____
(назва спеціалізації)
факультету Механіко-математичного
(назва факультету)

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Основи методу скінченних елементів. Робоча програма дисципліни
 (назва навчальної дисципліни)
 для студентів за напрямом підготовки 6.040202 механіка.
 „__” _____, 2012. - 9 с.

**Розробники: Кізілова Наталія Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент, завідувач
 кафедри теоретичної та прикладної механіки.**

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної та прикладної
 механіки.

Протокол № 6 від. “15” березня 2012 р.
 Завідувач кафедри _____

_____ (Кізілова Н.М.)
 (підпис) (прізвище та ініціали)

“ 15 ” 03 2012 р.

Схвалено методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 6 від. “10” квітня 2012 р.

“ 10 ” 04 2012 р. Голова _____ (Тарапова О.І.)
 (підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 0402–"математичні науки"	вибіркова	
	Напрямок підготовки 6.040202"механіка"		
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування): 7.04020201 «теоретична та прикладна механіка»	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		5-й	-й
Загальна кількість Годин - 180		Семестр	
		9-й	-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 72 самостійної роботи студента - 108	Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст	36 год.	год.
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		36 год.	год.
		<i>Лабораторні</i>	
		год.	год.
		Самостійна робота	
		108 год.	год.
		ІНДЗ: год.	
Вид контролю: залік			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 0.7

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу полягає у наданні майбутнім спеціалістам теоретичних знань з теорії методу скінченних елементів та практичного застосування теорії для рішення задач теоретичної механіки, механіки твердого деформівного тіла, механіки рідини, біомеханіки, а також знайомстві та опануванні навиками роботи

з сучасними комп'ютерними пакетами прикладних програм, які базуються на використанні методу скінченних елементів.

Завдання дисципліни:

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- Теоретичне обґрунтування методу скінченних елементів;
- Типи скінченних елементів, методи будування сітки та види апроксимації;
- Варіаційну постановку задач математичної фізики та перехід від операторної постановки до алгебраїчної системи рівнянь;
- Особливості застосування методу скінченних елементів для рішення задач структурної механіки, механіки де формівного тіла та механіки рідини.

вміти:

- Розв'язувати звичайні диференційні рівняння методом скінченних елементів;
- Записувати задачі механіки у варіаційній формі та будувати їх розв'язок методом скінченних елементів
- будувати сітку для двовимірних та тривимірних областей;
- проводити апроксимацію рішення в довільній області;
- розв'язувати крайові задачі для рівнянь Пуассона в двовимірних та тривимірних областях.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Теоретичні основи методу скінченних елементів.

Тема 1. Історія МСЕ і його роль у сучасних інженерних розрахунках. Загальні поняття методу і підходи. Пакетна реалізація. Приклади розрахунків.

Тема 2. Поняття про МСЕ. Основні етапи застосування методу. Приклади базисних функцій. Дослідження збіжності методу.

Тема 3. Реалізація МСЕ для одновимірного випадку. Двухкрапкова крайова задача для лінійного диференціального рівняння другого порядку. Варіаційна постановка. Методи Рітца і Гальоркіна.

Тема 4. Метод Рітца і лінійні елементи. Апроксимація Рітца. Лінійні елементи МКЭ. Матриці маси і жорсткості елемента. Побудова глобальних матриць.

Тема 5. Помилки лінійної апроксимації. Оцінка помилки в МСЕ. Необхідна і достатня умови збіжності методу Рітца.

Тема 6. Типи скінченних елементів в одновимірному, двовимірному і тривимірному випадках. Дискретизація області й особливості нумерації вузлів.

Тема 7. Лінійні інтерполяційні поліноми для дискретної області.

Тема 8. Властивості інтерполяційного полінома, збіжність, безперервність. Чотирикутні мультиплекс-елементи. Обчислення похідних функцій форми.

Тема 9. Дослідження збіжності наближеного рішення до точного. Матриця жорсткості для трикутних елементів. Білінійні елементи, ізопараметричні елементи, елементи вищих порядків.

Тема 10. МСЕ для еліптичних крайових задач. Запис функціонала в матричній формі. Диференціювання матричних співвідношень. Система МКЭ.

Тема 11. Рішення крайової задачі для звичайного диференціального рівняння методом скінченних елементів. Приклад розрахунку температурного поля в області складної форми

Тема 12. Розрахунок стрижневих конструкцій МСЕ. Приклад розрахунку плоскої задачі теорії пружності.

Тема 13. Змішана постановка для задач теорії пружності. Нелінійні задачі: пластичність, кінцеві деформації.

Тема 14. МСЕ для задачі гідромеханіки. Порівняння з методом скінченних обсягів. Задачі тепломасопереносу в пористих середовищах.

Тема 15. Моделювання задач механіки біологічних суцільних середовищ, які зростають.

Модуль 2. Особливості програмної реалізації методу скінченних елементів.

Тема 16. Препроцесор: завдання геометрії задачі, типу та властивостей скінченних елементів, числа областей з різними властивостями, введення чисельних даних щодо матеріальних властивостей, навантажень і інших граничних умов.

Тема 17. Генерація розрахункової сітки. Вибір способу розв'язку рівнянь. Ітераційні методи. Розрахунок задачі і контроль ходу обчислень.

Тема 18. Постпроцесор, таблиця даних і візуалізація результатів. Експорт даних. Анімація.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	Ла б	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Тема 1.	10	2	2			6						
Тема 2.	10	2	2			6						
Тема 3.	10	2	2			6						
Тема 4.	10	2	2			6						
Тема 5.	10	2	2			6						
Тема 6.	10	2	2			6						
Тема 7.	10	2	2			6						

Тема 8.	10	2	2			6							
Тема 9.	10	2	2			6							
Тема 10.	10	2	2			6							
Тема 11.	10	2	2			6							
Тема 12.	10	2	2			6							
Тема 13.	10	2	2			6							
Тема 14.	10	2	2			6							
Тема 15.	10	2	2			6							
Разом за <i>модулем 1</i>	150	30	30			90							
Модуль 2													
Тема 16.	9	2	2			6							
Тема 17.	9	2	2			6							
Тема 18.	9	2	2			6							
Разом за <i>модулем 2</i>	30	6	6			18							
Усього годин	180	36	36			90							

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Завдання геометрії двовимірної області та генерація сітки	4
2	Розв'язання звичайного лінійного диференціального рівняння методом скінченних елементів	4
3	Будування лінійної інтерполяції та ізоліній в дискретизованій двовимірній області	4
4	Будування лінійної інтерполяції та ізоповерхонь в дискретизованій тривимірній області	4
5	Розв'язання одновимірної задачі про теплоперенос в неоднорідному стрижні. Випадки граничних умов Дирихле та Неймана на кінцях стрижня	4
6	Розв'язання двовимірної задачі про теплоперенос в області зі складною геометрією. Випадки граничних умов Дирихле та Неймана на границях області	4
7	Розв'язання двовимірної задачі про напружено-деформівний стан двовимірної області зі складною геометрією. Випадки зосереджених та розподілених сил та умов закріплення на границі області	6
8	Розв'язання двовимірної задачі терпопружності про напружено-деформівний стан двовимірної області зі складною геометрією. Випадки умов Дирихле та	6

	Неймана для поля температури на границях області	
		36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Методи розв'язку лінійних звичайних диференціальних рівнянь n-го порядку</i>	18
2	<i>Методи генерації сітки для 2d та 3d областей</i>	18
3	<i>Методи асемблювання та оптимізації матриць жорсткості</i>	18
4	<i>МСЕ для рівнянь Пуассона з умовами Діріхле, Неймана та змішеними граничними умовами</i>	18
5	<i>МКЕ для рівнянь Нав'є-Стокса в областях з довільною геометрією та жорсткою непроникливою стінкою</i>	18
6	<i>МСЕ для рівнянь теорії пружності та в'язкопружності</i>	18
	Разом	108

10. Методи навчання

- Лекції
- Відео демонстрації
- Практична робота на комп'ютері
- Використання навчально-методичних матеріалів

11. Методи контролю

- Поточні опитування
- Тестові завдання
- Поточна перевірка практичних завдань

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота																	
Модуль 1															Модуль 2		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	незадовільно	не зараховано

13. Методичне забезпечення

Студенти мають змогу користуватися рукописним та роздрукованим конспектами лекцій, а також вказівками до виконання практичних завдань.

14. Рекомендована література

Базова

1. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. – Харьков:Основа, 1991. – 272с.
2. Зенкевич О.С., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошной среды. М.:Недра, 1974. – 238с.
3. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике. М.:Мир, 1975.
4. Зенкевич О.С., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.:Мир, 1986. – 318с.
5. Кизилова Н.Н. Метод конечных элементов в биомеханике // Современные проблемы математики, механики и информатики. - Харьков: Изд-во «Апостроф». - 2012. - С.201-217.
6. Куликов Ю.А. Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов. Горький, 1980. – 68с.
7. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. М: Наука, 1981. – 415с.
8. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов. М: Мир, 1981.
9. Розин Л.А. Стержневые системы как системы конечных элементов. Л.:Изд-во ЛГУ, 1976. – 232с.
10. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.:Мир, 1979. – 392с.
11. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.:Мир, 1977. – 349с.
12. Сьерле Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач. М: Мир, 1980.

Допоміжна

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. М. : Мир, 1984 . - 428 с.
2. Деклу Ж. Метод конечных элементов. М. : Мир, 1976 . - 95 с.
3. Итоги науки и техники. Сер.: Механика жидкости и газа Т.21: Метод конечных элементов в механике вязкой жидкости : . - М. : ВИНТИ, 1987 . – 186 с.
4. Куликов Ю.А. Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов. 1980 . - 68 с.
5. Митчелл Э. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными. М. : Мир, 1981 . - 216 с.
6. Молчанов И.Н. Основы метода конечных элементов. К.: Наукова думка, 1989 . - 269 с.
7. Цвик Л.Б. Применение метода конечных элементов в статике деформирования : Учеб.пособие для вузов. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1995 . - 126 с.
8. Шеломов Н.А. Метод конечных элементов: Учеб.пособие по лаб.практикуму. Харьков. : ХАИ, 1998 . - 81 с.
9. Geramy A., Kizilova N., Terekhov L. Finite element method (FEM) analysis of the force systems produced by asymmetric inner headgear bows // Australian Orthodontic journal. – 2011. – v.27,N2. – P.125-131.

15. Інформаційні ресурси

1. Електронні підручники з методу скінченних елементів на CD в бібліотеці кафедри теоретичної та прикладної механіки.
2. Роздруковані методичні вказівки та конспект лекцій.
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2
4. <http://www.cad-cae-cam.ru/docs/FEM/Rozin.pdf>
5. <http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/2812/3/pavlenko.pdf>
6. <http://cnit.ssau.ru/TechFEM/AlgorithmFEM.htm>
7. <http://www.belsut.gomel.by/ellibrary/1/70.pdf>