

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"

## НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

з дисципліни

### «Основи методу скінченних елементів»

для підготовки бакалаврів  
за напрямком 6.050101 «Комп'ютерні науки»  
для спеціальності – 05010102 «Інформаційні технології проектування»

#### РОЗГЛЯНУТО

на засіданні кафедри  
теорії і систем автоматизованого  
проектування механізмів і машин  
Протокол № \_\_\_\_\_,  
від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р.  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ проф. Ткачук М. А.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2010 р.

#### ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету  
транспортного машинобудування  
Протокол № \_\_\_\_\_,  
від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р.  
Декан

\_\_\_\_\_ проф. Єпіфанов В. В.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2010 р.

Харків 2010

# ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Навчальної дисципліни «Основи методу скінченних елементів».

УЗГОДЖЕНО

УЗГОДЖЕНО

05010102 «Інформаційні технології  
проектування»

\_\_\_\_\_  
(найменування спеціальності)

«Кафедра теорії і систем автоматизованого  
проектування механізмів і машин»

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
проф. Ткачук М. А.

\_\_\_\_\_  
(підпис завідувача кафедрою)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

## I. НАУКОВІ ОСНОВИ ТА ЦІЛІ УЧБОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метод скінченних елементів (МСЕ) є одним з найефективніших універсальних чисельних методів обчислення задач механіки машинобудівних конструкцій орієнтованих на використання сучасної обчислювальної техніки. Курс “Основи методу скінченних елементів” відіграє важливу роль при професійній підготовці бакалаврів, спеціалістів та магістрів по спеціальності 7.080402 - інформаційні технології проектування.

При викладанні курсу широко використовуються поняття і основні положення курсів “Теоретична та аналітична механіка”, “Математичний аналіз”, “Теорія коливань”, “Опір матеріалів”, “Чисельні методи в задачах механіки”.

Метод скінченних елементів служить основою для професійно орієнтованих дисциплін типу САПР, “Програмні комплекси в розрахунках міцності та динаміки” і інших.

Ціль курсу-ознайомити студентів із математичними основами МСЕ, принципами апроксимації механічних систем різного типу скінченними елементами, процедурою отримання основних співвідношень методу для окремих СЕ та системи в цілому. Це дозволить самостійно розробляти алгоритми рішення різних задач механіки на базі МСЕ, а також свідомо використовувати універсальні програмні комплекси, що створені на базі МСЕ.

Метою курсу є придбання студентами:

знань принципів і алгоритмів одержання розрахункових рівнянь МСЕ на базі варіаційних принципів механіки; алгоритмів одержання матриць жорсткості, мас, розрахункових рівнянь для ансамблю елементів;

вміння вибирати тип СЕ і розбивати конструкцію на елементи; визначати число параметрів у вузлах та їх фізичний зміст; одержувати матриці жорсткості, мас для окремих типів СЕ з використанням літературних джерел для інших типів; на базі матричних співвідношень для елемента одержувати розрахункові рівняння для конструкції;

навичок у застосуванні прийомів та методів МСЕ для виконання розрахунків конструкції та коректного аналізу одержаних результатів.

## II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Курс 4 Семестр	Всього	Розподіл по видах занять				Семестрова атестація
		Лекц	Лаб	Пр	КР	
7	64	32	–	32	–	екзамен

### III. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН.

#### IV.1 РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ

Розділи, теми, модулі	Види занять						Курсова робота	Залік	Іспит	Самостійна робота	
	Всього		лекції	практичні заняття	лабораторні роботи	контрольна робота				розрахунково-графічна робота	самостійна робота
	годин	кредитів									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Модуль 1.</b> Пряма форма МСЕ	32	2	16	16	–					2	
Тема 1			6	8							
Тема 2			10	8							
Модульна контрольна робота №1.						7 тиж				–	
<b>Модуль 2.</b> Варіаційна трактовка МСЕ	32	2	16	16	–					2	
Тема 3			16	16							
Модульна контрольна робота №2.						15 тиж					
<b>Разом за семестр</b>	64	4	32	32	–	4	–	–	+	4	

#### IV.ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

##### Вступ.

Предмет та задачі курсу. Універсальність МСЕ, області його використання, досягнення в напрямку розвитку методу. Основні положення методу. Типи скінченних елементів.

##### 1.Пряма форма МСЕ як чисельна реалізація методу переміщень для визначення НДС статично невизначених стрижневих систем.

1.1.Матриця жорсткості стрижневого СЕ при повздовжній, крутильній та згинальній деформаціях. Визначення реакцій у вузлах елемента від навантаження, що діє на елемент. Приведення довільних навантажень на елемент до еквівалентних вузлових.

1.2.Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів. Алгоритм обчислення розрахункових рівнянь методу на основі умов сумісності переміщень і рівноваги сил у вузлах.

1.3.Просторова деформація стрижневих конструкцій. Локальна і глобальна системи координат конструкції.

1.4.Перетворення матриці жорсткості та вектора приведених сил при повороті системи координат.

1.5.Автоматизація побудови розрахункових рівнянь методу. Матриця індексів і матриця вантажних членів. Автоматизація побудови матриці індексів.

1.6.Поняття ширини стрічки матриці розрахункових рівнянь методу. Оптимальна нумерація вузлів скінченно елементної моделі системи.

1.7.Укрупнена логічна блок-схема програми на ПЕОМ, що реалізує МСЕ.

## 2.Варіаційна трактовка МСЕ.

2.1.Зв'язок МСЕ з методом Рітца. Поняття функцій форми елемента. Функції форми для апроксимації переміщень стрижневих, пластинчатих і об'ємних симплекс елементів. Функції форми згинального стрижневого елемента і осесиметричної згинальної деформації круглих пластин та оболонок повертань.

2.2.Загальні підходи до рішення задач теорії пружності МСЕ при використанні принципу можливої роботи або принципу мінімуму повної потенціальної енергії.

2.3.Квадратичний функціонал енергії у гільбертовому просторі для рішення рівнянь математичної фізики у частинних похідних. Принцип побудови алгоритму МСЕ для рішення таких задач.

2.4.Принцип і алгоритм обчислення матриці жорсткості елемента при рішенні задач теорії пружності. Приведення довільного навантаження на елемент до еквівалентного вузлового

2.5.Рішення задачі НДС стрижневих конструкцій при використанні варіаційного трактування методу.

## 3.Рішення задач теорії пружності МСЕ.

3.1.Розрахунок НДС круглої пластини-диску, що знаходиться в полі відцентрових сил і нерівномірного нагріву.

3.2.Осесиметричне і циклічно симетричне згинання круглої пластини-диску.

## 4.Рішення динамічних задач теорії пружності.

4.1.Принцип можливих переміщень для одержання розрахункових рівнянь динаміки системи, що дискретизована з допомогою МСЕ.

4.2.Принцип одержання матриці мас елемента. Матриці мас при повздовжніх, крутильних та згинальних коливаннях стрижневої системи. Розрахункові рівняння для обчислення вільних та вимушених коливань стрижневих та пластинчатих систем.

## 5.Деякі спеціальні питання МСЕ.

5.1.Використання гібридних СЕ в рішеннях задач механіки.

5.2.Суперелементний підхід МСЕ для рішення задач статички і динаміки складних систем з великою кількістю ступеней вільності.

## **V. ПОТОЧНИЙ ТА СЕМЕСТРОВИЙ КОНТРОЛЬ**

На протязі семестру студенти повинні виконати 3-4 контрольних завдання (КЗ), оформити по ним звіти та здати викладачу. В кінці семестру екзамен.

### Теми контрольних завдань:

- E1.Алгоритм прямого МСЕ для обчислення НДС стрижня.
- E2.Перетворення рівняння СЕ з локальної системи координат до глобальної в розрахунках стрижневої конструкції.
- E3.Вплив нумерації вузлів на ширину стрічки матриці жорсткості конструкції.
- E4.Варіаційний підхід методу Рітца для обчислення згинання стрижня.
- E5.Варіаційний підхід методу МСЕ для обчислення згинання стрижня.
- E7.Рішення задач динаміки МСЕ. Вільні коливання стрижневих систем.

#### IV НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.

При вивченні дисципліни використовуються методичні вказівки, картки індивідуальних контрольних завдань по розділам теоретичного курсу.

Програмне забезпечення дисципліни впроваджується в наступних семестрах в рамках дисциплін типу “Програмні комплекси при міцносних та динамічних розрахунках” з практичним використанням програмних продуктів COSMOS, ANSYS та інших, що побудовані на базі МСЕ.

##### Основна література

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М., Мир, 1975 г.
2. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1974.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979.

##### Додаткова література

1. Образцов И.Ф. , Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах  
строительной механики летательных аппаратов. Уч. пособие  
для  
вузов. М. “Высшая школа”, 1985.
2. Варвак П.М., Бузин И.М., Городецкий А.С. Метод конечных элементов. Киев., 1981.
3. Постнов В.А., Дмитриев С.А., Елтышев Б.К. и др. Метод суперэлементов в расчетах  
инженерных сооружений .Л.: Судостроение, 1979.
4. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. Харьков, Основа, 1991.