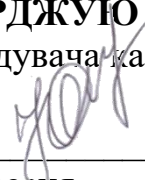


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра «Комп'ютерні науки»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри КН

доцент  Юлія ХОЛОДНЯК  
“02” вересня \_\_\_\_\_ 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Математичне забезпечення САЕ-систем»**

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»  
зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
(на основі СВО «Бакалавр»)

факультет енергетики і комп'ютерних технологій

2022–2023 н.р.

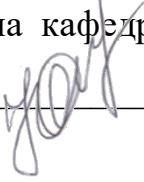
Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне забезпечення САЕ-систем» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (на основі СВО «Бакалавр»). – Запоріжжя, ТДАТУ, 2022. – 10 с

Розробник: к.т.н., доцент Холодняк Ю.В.

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри «Комп'ютерні науки»

Протокол від № 1 від 31 серпня 2022 року

В.о. завідувача кафедри КН

доцент  Юлія ХОЛОДНЯК

Схвалено методичною комісією факультету енергетики і комп'ютерних технологій зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (на основі СВО «Бакалавр»)

Протокол № 1 від 02 вересня 2022 року

Голова, доц.



Олександр ВОВК

## 1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		<b>денна форма навчання</b> (денна або заочна)	
Кількість кредитів <b>5</b>	Галузь знань <b>12 «Інформаційні технології»</b> (шифр і назва)	<b>За вибором студента</b> (обов'язкова або за вибором студента)	
Загальна кількість годин – <b>150 годин</b>	Спеціальність <b>122 «Комп'ютерні науки»</b> (шифр та назва)	Курс	Семестр
Змістових модулів – <b>2</b>		<b>М2-й</b>	<b>3-й</b>
Тижневе навантаження: - аудиторних занять <b>4 год.</b> - самостійна робота студента <b>9 год.</b>	Ступінь вищої освіти: <b>«Магістр»</b>	<b>Вид занять</b>	<b>Кількість годин</b>
		Лекції	<b>20 год.</b>
		Лабораторні заняття	-
		Практичні заняття	<b>20 год.</b>
		Семінарські заняття	-
		Самостійна робота	<b>110 год.</b>
		Форма контролю: <b>екзамен</b> (екзамен або диференційований залік)	

## 2 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета.** Надання студентам знань та навичок, необхідних для чисельного розв'язання задач, які зустрічаються на практиці при виконанні інженерних розрахунків на міцність або задач теплового та модального аналізу. Розв'язання цих задач має проводитися за допомогою універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу пакеті Ansys.

**Завдання.** навчання студентів основним теоретичним положенням та практичним методам математичної фізики, які необхідні для фахівців з інформаційних технологій проектування .

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- основні поняття, цілі, задачі математичної фізики;
- основні етапи дослідження міцності конструкцій;
- основні поняття та алгоритми розв'язання задач теорії пружності;
- основні поняття та ідею методу кінцевих елементів;
- основні типи кінцевих елементів для лінійних задач;
- облік розподілення навантаження для балочних елементів;
- типи кінцевих елементів для двовимірних задач та основні співвідношення теорії пластин і оболонок;
- основні положення теорії температурних полів та постанову задачі теплопровідності;

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **вміти**:

- задавати геометричні характеристики та моделювати напружено-деформований стан об'єкту у пакеті Ansys Workbench;
- використовуючи майстер розрахунків, проводити конструкційний аналіз, знаходити напруження, деформацію та запас міцності;
- будувати оптимальну сітку на геометричній моделі;
- знаходити пружні зміщення; перевіряти конструкції на максимальне напруження;
- оптимізувати форму об'єктів, на яких виконуються розрахунки ;
- розраховувати власні частоти конструкцій у пакеті Ansys Workbench;
- проводити гармонійний аналіз конструкції;
- проводити аналіз конструкції на випадкову вібрацію;
- проводити аналіз конструкції, що зазнає динамічного впливу;
- проводити стаціонарний тепловий аналіз у пакеті Ansys Workbench;
- виконувати зв'язану теплову та міцнісну задачі;

Під час оволодіння основами кінцево-елементного аналізу при розв'язанні інженерних задач доцільно застосовувати активні форми навчання, такі як самостійна робота студентів під керівництвом викладача.

### 3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Змістовий модуль 1. Основна ідея методу кінцевих елементів та сфери його застосування.**

**Тема 1.** Основні концепції методу кінцевих елементів [1 с. 9...32, 3 с.10..14, 5 26...94].

Історична довідка про МКЕ. Основна ідея методу кінцевих елементів. Основні етапи алгоритму МКЕ.

**Тема 2.** Дискретизація області [1 с. 35...74, 3 с.17..29, 5 с.114...162].

Типи кінцевих елементів. Одновимірні елементи. Двовимірні елементи. Розбиття області на елементи. Нумерація вузлів.

**Тема 3.** Лінійні інтерполяційні поліноми [1 с. 88...123, 2 с. 116-128, 4 с.30..34].

Одновимірний симплекс-елемент. Двовимірний симплекс-елемент. Побудова інтерполяційних кусково-лінійних функцій на одномірних та двомірних елементах.

**Змістовий модуль 2. Застосування МКЕ до вирішення крайових задач.**

**Тема 4.** Тривимірний симплекс-елемент [1, с. 127...151, 2 с.135..142]

Основні поняття теорії тривимірного симплекс-елементу. Розрахунок параметрів інтерполяційних поліномів на тривимірних елементах.

**Тема 5.** Локальна система координат [1 с. 155...182, 5 с.244..256]

Поняття локальних координат. Одновимірний елемент в L-координатах. Переваги та недоліки використання локальних координат.

**Тема 6.** Інтерполяційні поліноми для дискретизованої області [1, с. 186...193, 2 с. 129-134, 4 с.81..88]

Типи інтерполяційних поліномів. Основні поняття та способи побудови інтерполяційних поліномів для дискретизованої області. Визначення похибки побудови інтерполяційних поліномів.

**Тема 7.** Розв'язання інженерних задач МКЕ. [1 с. 194...221, 3 с.166..184]

Приклад постановки задачі про перенесення тепла в стержні. Реалізація за розв'язання задачі про перенесення тепла в стержні допомогою МСЕ. Постанова задачі про кручення стержня довільного перетину. Кінцево-елементна модель задачі про кручення стержня.

## 4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб	сем. (пр.)	СРС	
<b>Змістовий модуль 1. Основна ідея методу кінцевих елементів та сфери його застосування.</b>							
1	Лекція 1	Основні концепції методу кінцевих елементів	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 1	Послідовність вирішення статичної задачі в Ansys Workbench	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
2	Лекція 2	Дискретизація області	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 2	Дискретизація області в методі кінцевих елементів	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
3	Лекція 3	Дискретизація області	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 3	Лінійний конструкційний аналіз	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
4	Лекція 4	Лінійні інтерполяційні поліноми	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 4	Оптимізація форми об'єкта	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
5	Лекція 5	Лінійні інтерполяційні поліноми	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 5	Розрахунок напружено-деформованого стану шатуна	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2

6,7	Самостійна робота	Підготовка до ПМК-1	-	-	-	10	-
	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1	-	-	-	-	10
<b>Всього за змістовий модуль 1 - 75 год.</b>			<b>10</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>35</b>
<b>Змістовий модуль 2. Застосування МКЕ до вирішення крайових задач.</b>							
8	Лекція 6	Тривимірний симплекс-елемент	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 6	Вирішення контактної задачі за допомогою програмного комплексу Ansys	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
9	Лекція 7	Локальна система координат	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 7	Стационарний тепловий аналіз	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
10	Лекція 8	Інтерполяційні поліноми для дискретизованої області	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 8	Лінійний статичний розрахунок у програмному забезпеченні КОМПАС 3D	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
11	Лекція 9	Розв'язання інженерних задач МКЕ	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 9	Кінцево-елементний аналіз в середовищі ELCUT	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
12	Лекція 10	Розв'язання інженерних задач МКЕ	2	-	-	-	-

	Практичне заняття 10	Проведення розрахунку та аналіз результатів в середовищі ELCUT	-	-	2	-	3
	Самостійна робота	Проробка теоретичного матеріалу. Підготовка до практичної роботи	-	-	-	9	2
13,14	Самостійна робота	Підготовка до ПМК-2	-	-	-	10	-
	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2	-	-	-	-	10
<b><i>Всього за змістовий модуль 2 – 75 год.</i></b>			<b><i>10</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>55</i></b>	<b><i>35</i></b>
<b><i>Екзамен</i></b>							<b><i>30</i></b>
<b><i>Всього з навчальної дисципліни – 75+75=150 год.</i></b>							<b><i>100</i></b>



## 5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

### ПМК-1

1. Сформулювати основну концепцію методу кінцевих елементів.
2. Перелічити переваги та недоліки методу кінцевих елементів.
3. Дати опис типів кінцевих елементів.
5. Описати методологію розбивки області на елементи.
6. Описати спосіб нумерації вузлів.
7. Дати опис одновимірного симплекс-елементу та їх типів.
8. Дати опис двовимірного симплекс-елементу та їх типів.
9. Дати опис тривимірного симплекс-елементу та їх типів.
10. Описати процес інтерполявання векторних та скалярних величин.
11. Описати локальну система координат та метод розрахунку локальних координат в двовимірних та тривимірних симплекс-елементах.
12. Описати властивості інтерполяційного полінома.

### ПМК-2

1. Дати характеристику скалярних величин.
2. Дати характеристику векторних величин.
3. Навести приклад задачі про перенос тепла в стержні.
4. Дати формулювання математичної моделі методу кінцевих елементів для задачі теорії поля.
6. Дати формулювання математичної моделі методу кінцевих елементів для задачі теорії пружності
7. Описати метод прямої побудови глобальної матриці жорсткості.
8. Описати загальну блок-схему розрахунків МКЕ.
10. Навести алгоритм рішення задач про кручення бруса.

## 6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### БАЗОВА

1. Сахаров О.С., Карвацький А.Я. Механіка суцільних середовищ в інженерних розрахунках. К.: НТУУ «КПІ», 2013. 231 с.
2. Лященко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. К.: Либідь, 1996. 288 с.
3. Felippa C. Introduction to Finite Element Methods. University of Colorado Press, 2002. 192 p.
4. Endre Suli Lecture Notes on Finite Element Methods for Partial Differential Equations. Mathematical Institute University of Oxford. 2020. 106 p.
5. Olek C Zienkiewicz, R. L. Taylor, J.Z. Zhu The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Butterworth-Heinemann, 2013. 714 p.

### ДОПОМІЖНА

6. Білан С. М., Коваль Д.М. Засоби машинної графіки : Навчальний посібник / С. М. Білан,. Вінниця : ВДТУ, 2000. 333 с.
7. Мовчан А.П., Степанець О.В. Методи статичної оптимізації: навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 138 с.
8. ANSYS, Inc. ANSYS FLUENT User's Guide Documentation. Режим доступу: <http://www.ansys.com>.

### ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ: <http://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=2429>
2. Наукова бібліотека ТДАТУ: <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>
3. Сайт кафедри КН: <http://www.tsatu.edu.ua/kn/>