



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Комп'ютерне розв'язання зв'язаних задач



**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**  
Магістр-професіонал (1 рік 4 місяці)  
Магістр-науковець (1 рік 9 місяців)

**Тип дисципліни**  
Профільна, вибіркова

**Семестр**  
2

**Мова викладання**  
Українська

## Викладачі, розробники



**Розова Людмила Вікторівна**  
(відповідальний лектор та викладач лабораторного практикуму)  
[Lyudmyla.Rozova @khp.edu.ua](mailto:Lyudmyla.Rozova@khp.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент кафедри математичного моделювання та інтелектуальних обчислень в інженерії НТУ «ХП».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна «Комп'ютерне розв'язання зв'язаних задач» спрямована на вивчення основних підходів для розв'язання зв'язаних задач обчислювальної динаміки рідини, теплопередачі та структурного міцносного аналізу за допомогою сучасний багатоцільових програмних комплексів для проектування і аналізу з метою подальшого застосування у професійній діяльності. Дисципліна викладається у 2му семестрі та передбачає: 32 годин лекцій, 16 години лабораторних занять, 72 годин самостійної роботи. Підсумковий контроль – залік.

### Мета та цілі дисципліни

Метою дисципліни є набуття знань з підходів формулювання зв'язаних задач обчислювальної динаміки рідини, перенесенню тепла, структурного аналізу, сучасних підходів та засобів для чисельного моделювання, умінь та навичок застосування їх при розв'язанні практичних задач розрахунково-дослідницького характеру.

Цілями викладання дисципліни є надання студентам поглиблених знань про особливості застосування програмних засобів для комп'ютерного розв'язання зв'язаних задач обчислювальної динаміки рідини, теплопередачі та структурного міцносного аналізу, інтерпретації результатів розрахунку та їх подальшого використання. Набуття умінь та навичок для застосування отриманих знань відбувається при розв'язанні практичних задач за допомогою програмного комплексу ANSYS, з використанням його інтерактивної платформи ANSYS Workbench, спеціального модуля для

моделювання течій ANSYS Fluent та модуль структурного аналізу ANSYS Mechanical, в їх реалізації для навчання в студентській версії у вільному доступу.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторні роботи. Підсумковий контроль - залік

### **Компетентності**

СК1. Здатність розв'язувати задачі й проблеми, які можуть бути формалізовані, потребують оновлення й інтеграції знань, зокрема в умовах неповної інформації.

СК3. Здатність розробляти методи й алгоритми побудови, дослідження та програмної реалізації математичних моделей у техніці, фізиці, біології, медицині та інших галузях та здійснювати їх аналіз.

СК4. Здатність розробляти та досліджувати математичні та комп'ютерні моделі, проводити обчислювальний експеримент та розв'язувати формалізовані задачі за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

СК9. Здатність математично формалізувати постановку наукових та практичних задач, обирати математичний аналітичний або чисельний метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

СК10. Здатність розробляти математичні методи та алгоритми комп'ютерного моделювання нелінійних фізичних явищ та процесів в інноваційних технологічних системах.

### **Результати навчання**

РН4. Будувати математичні моделі складних систем і вибирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютерних технологій.

РН14. Мати знання математично формалізувати постановку наукових та практичних задач, обирати математичний аналітичний або чисельний метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

РН16. Вміти розробляти математичні методи та алгоритми комп'ютерного моделювання нелінійних фізичних явищ та процесів в інноваційних технологічних системах.

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Методи математичного моделювання та аналізу даних, Моделювання в CAE системах, Нелінійні процеси та моделі

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Заняття проводяться інтерактивно, з використанням мультимедійних технологій. Для опанування практичних навичок застосовується наступні програмні компоненти: програмний комплекс ANSYS, його інтерактивна платформа ANSYS Workbench, спеціальний модуль для моделювання течій ANSYS Fluent та та модуль структурного аналізу ANSYS Mechanical, в їх реалізації для навчання в студентській версії у вільному доступу. Студент зобов'язаний відвідувати всі заняття згідно розкладу, виконувати лабораторні роботи. Дотримуватися етики поведінки. З метою оволодіння необхідною якістю освіти з дисципліни потрібно відвідуваність і регулярна підготовленість до занять.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

**Тема<sup>о</sup>1. Введення в моделювання в програмному комплексі ANSYS Workbench.**

Основні підходи та особливості. Графічний інтерфейс користувача (GUI) ANSYS Workbench. Модулі ANSYS Workbench. Підходи для побудови геометрії моделі.

#### **Тема<sup>2</sup>. Задання властивостей матеріалу.**

Використання існуючих бібліотек матеріалів ANSYS. База даних матеріалів. Властивості матеріалів, задані користувачем. Властивості матеріалів в залежності від фізичної моделі. Особливості задання властивостей матеріалів, як функцій температури, масової частки, тиску.

#### **Тема<sup>3</sup>. Введення в моделювання течії рідини та газу в ANSYS Fluent.**

Особливості моделювання течії рідини та газу. Транспортне рівняння для рідини. Введення в метод скінчених об'ємів для моделювання течії рідини та газу. Графічний інтерфейс користувача (GUI) ANSYS Fluent.

#### **Тема<sup>4</sup>. Етапи моделювання в ANSYS Fluent.**

Основні етапи моделювання в ANSYS Fluent. Виділення області моделювання. 2D або 3D підхід до моделювання. Особливості створення геометрії течії. Створення сітки. Вибір типу елемента. Особливості. Задання властивостей матеріалів.

#### **Тема<sup>5</sup>. Етапи моделювання в ANSYS Fluent. Продовження**

Вибір фізичної моделі течії. Задання початкових та граничних умов, робочих умов для течії. Завдання типу розв'язувача та точності збіжності для розрахунку. Дослідження отриманих результатів (постпроцесінг). Висновки по розрахунку.

**Тема<sup>6</sup>. Створення сітки скінчених об'ємів.** Створення Cell zones. Рідкі та тверді зони (fluid cell zones, solid cell zones). Створення граничних зон (boundary zones).

#### **Тема<sup>7</sup>. Завдання граничних та робочих умов для течії.**

Типи граничних умов. Внутрішні та зовнішні граничні умови. Вибір зони граничних умов. Вхід та вихід потоку. Зміна граничних умов. Задання пограничного шару. Умови симетрії. Особливості задання робочого тиску (operating pressure), швидкості течії.

#### **Тема<sup>8</sup>. Постпроцесінг в ANSYS Fluent.**

Можливості представлення результатів аналізу. Вид результатів. Ізоповерхні, ізолінії, вектори величин. Створення анімації течії. Отримання результатів для величин, визначених користувачем. Створення звіту.

**Тема<sup>9</sup>. Розв'язувачі (Solvers) ANSYS Fluent.** Pressure-based solver. Density-based solver. Вибір та особливості розв'язувача. Алгоритми, що застосовуються у розв'язувачах. Збіжність розрахунку. Прискорення збіжності.

#### **Тема<sup>10</sup>. Турбулентність течії.**

Особливості задання турбулентності в моделі течії. Моделі турбулентності, що застосовуються в ANSYS Fluent.

#### **Тема 11. Моделювання теплопередачі в ANSYS Fluent.**

Рівняння транспорту енергії при теплопередачі, його складові. Типи теплопередачі обчислювальної механіки рідини.

#### **Тема 12. Розв'язання зв'язаної задачі теплопровідності в рідині та тілі за допомогою ANSYS Fluent.**

Побудова граничних умов на границі рідина-тіло (граничні умови стіни). Типи моделювання стіни. Теплопередача на межі рідина-тіло, рідина-рідина.

#### **Тема 13. Теплопередача в рідині ANSYS Fluent.**

Моделювання конвенкції. Натуральна та примусова конвенкція. Конвенкція кипіння.

#### **Тема 14. Постпроцесінг при теплопередачі в ANSYS Fluent.**

Результати теплового аналізу. Типи величин, можливості їх представлення. Подальший експорт в модуль структурного міцносного аналізу.

#### **Тема 15. Статичний конструкційний скінчено-елементний аналіз в ANSYS Mechanical.**

Основні рівняння. Етапи виконання аналізу. Створення скінчено-елементної моделі. Імпорт моделі, навантажень із модуля ANSYS Fluent. Задання граничних умов. Проведення розрахунку термомпружного аналізу. Постпроцесінг результатів.

#### **Тема 16. Висновки по курсу.**

Резюме по комп'ютерному моделювання зв'язаних задач за допомогою програмного комплексу ANSYS. Короткий огляд основних тем курсу. Висновки.

### **Теми лабораторних робіт**

#### **Тема 1. Лабораторна робота 1.**

Моделювання 3D ламінарної течії в трубі

#### **Тема 2. Лабораторна робота 2.**

Моделювання 3D турбулентної течії в трубі

**Тема 3. Лабораторна робота 3.**

Моделювання теплопередачі в рідині. Ч.1.

**Тема 4. Лабораторна робота 4.**

Моделювання теплопередачі в рідині. Ч.2

**Тема 5. Лабораторна робота 5.**

Розв'язання зв'язаного аналізу. Моделювання будівельного вентилятору з тепловим джерелом. Ч.1

**Тема 6. Лабораторна робота 6.**

Розв'язання зв'язаного аналізу. Моделювання будівельного вентилятору з тепловим джерелом. Ч.2

**Тема 7. Лабораторна робота 7.**

Розв'язання зв'язаного аналізу. Моделювання теплового потоку в трубопроводі Ч.1

**Тема 8. Лабораторна робота 8.**

Розв'язання зв'язаного аналізу. Моделювання теплового потоку в трубопроводі Ч.2

### **Самостійна робота складається з наступних компонентів**

Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторних занять. Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях. Виконання індивідуальних завдань.

## **Література та навчальні матеріали**

1.°Мартиненко Г.Ю., Розова Л.В. Комп'ютерне моделювання елементів конструкцій та визначення їх міцності при статичних навантаженнях: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Естет Принт», 2021. 242 с. (<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54247>)

2.°Lee H.H. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2021.-SDC Publications, 2021. (<https://www.sdcpublications.com/Textbooks/Finite-Element-Simulations-ANSYS-Workbench/ISBN/978-1-63057-456-7/>)

3.°Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу /підручник. - Рівне, НУВГП, 2009. 376 с.

4.°Currie, I.G. Fundamental mechanics of fluids / I.G. Currie. –New York ; Basel: Marcel Dekker, Inc., 2003. – 525 p.

5.°Shaughnessy, Edward J., Jr. Introduction to fluid mechanics / Edward J. Shaughnessy, Jr., Ira M. Katz, James P. Schaffer. – New York ; Oxford: Oxford University Press, 2005. 1018 p.

6.°Rajput R.K. A Textbook of Heat and Mass Transfer . - S Chand Publishing, 2015. 771 p.

7.°Ansys Student - Free Software Download. ANSYS, Inc., 2023.

URL: <https://www.ansys.com/academic/students>

## **Система оцінювання**

**Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів**

Бали за залік нараховуються за рейтингом:

Виконання лабораторних робіт – 80 балів

Теоретичне опитування – 20 балів

**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-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження  
30.08.2023

Завідувач кафедри  
Олексій ВОДКА

Дата погодження  
30.08.2023

Гарант ОПП (1 рік 4 місяці)  
Олексій ЛАРІН

Гарант ОНП (1 рік 9 місяців)  
Геннадій МАРТИНЕНКО