

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Кафедра інженерії енергосистем**

**ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження  
(Каплун В.В.)

2024 р.



**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри інженерії енергосистем  
протокол №\_\_ від “\_\_” 2024 р.

завідувач кафедри

(Антипов Є.О.)

**“РОЗГЛЯНУТО”**

Гарант ОП «Інженерія відновлювальних джерел  
енергії та енергоменеджмента»

(Горобець В.Г.)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»»**

«галузь знань 14 Електрична інженерія

спеціальність 144 - «Теплоенергетика»

освітня програма - «Інженерія відновлювальних джерел енергії та  
енергоменеджмент »

ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»

розробник: доцент, к.т.н., Троханяк Віктор Іванович

Київ – 2024

**Опис навчальної дисципліни**  
**«Моделювання теплових і гідродинамічних процесів»**  
*(назва)*

| <b>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь</b>                      |                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Освітній ступінь                                                                            | «Магістр»                                                    |
| Спеціальність                                                                               | 144 – «Теплоенергетика»                                      |
| Освітня програма                                                                            | Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент |
| <b>Характеристика навчальної дисципліни</b>                                                 |                                                              |
| Вид                                                                                         | Вибіркова                                                    |
| Загальна кількість годин                                                                    | 120                                                          |
| Кількість кредитів ECTS                                                                     | 4,0                                                          |
| Кількість змістових модулів                                                                 | 2,0                                                          |
| Форма контролю                                                                              | Екзамен                                                      |
| <b>Показники навчальної дисципліни<br/>для денної та заочної форм здобуття вищої освіти</b> |                                                              |
|                                                                                             | денна форма навчання                                         |
| Курс (рік підготовки)                                                                       | 2-й                                                          |
| Семестр                                                                                     | 3-й                                                          |
| Лекційні заняття                                                                            | 10 год.                                                      |
| Практичні, семінарські заняття                                                              | -                                                            |
| Лабораторні заняття                                                                         | 20 год.                                                      |
| Самостійна робота                                                                           | 90 год.                                                      |
| Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання                               | 3 год.                                                       |

**1. Мета, завдання, компетентності та програмні результати  
навчальної дисципліни**

Мета — засвоєння майбутніми інженерами-теплоенергетиками теоретичних і практичних основ математичного моделювання в області теплоенергетики, теплофізики і теплоенергетичних установок.

Завдання — підготувати бакалаврів до наукової діяльності в області сучасних і пріоритетних методах підвищення рівня вирішення енергетичних проблем, у тому числі вивчення наукових основ роботи теплоенергетичних установок, теплових електростанцій, тощо. Основне завдання вивчення дисципліни полягає у підготовці студентів до можливості проведення математичного моделювання при розробці нового теплоенергетичного устаткування.

### ***Набуття компетентностей:***

інтегральна компетентність (ІК):

**ІК1.** Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у теплоенергетичній галузі або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

загальні компетентності (ЗК):

**ЗК1.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК3.** Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

спеціальні (фахові) компетентності (СК):

**СК1.** Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

**СК3.** Здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.

### ***Програмні результати навчання (ПРН):***

**ПРН5** Розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.

## **2. Програма та структура навчальної дисципліни для:**

- повного терміну денної (заочної) форми здобуття вищої освіти;
- скороченого терміну денної (заочної) форми здобуття вищої освіти.

| Назви змістових модулів і тем                                                                                   | Кількість годин |        |              |     |     |      |   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|--------------|-----|-----|------|---|----|
|                                                                                                                 | денна форма     |        |              |     |     |      |   |    |
|                                                                                                                 | тижні           | усього | у тому числі |     |     |      |   |    |
| л                                                                                                               |                 |        | п            | лаб | інд | с.р. |   |    |
| 1                                                                                                               | 2               | 3      | 4            | 5   | 6   | 7    | 8 |    |
| Змістовий модуль 1. «Основні теоретичні принципи математичного моделювання»                                     |                 |        |              |     |     |      |   |    |
| Тема 1. Загальні положення про чисельне моделювання в ANSYS                                                     | 1-2             | 32     | 2            |     |     |      |   | 30 |
| Тема 2. Основні моделі в ANSYS Fluent                                                                           | 3-4             | 10     | 2            | 8   |     |      |   |    |
| Тема 3. Обробка результатів чисельного моделювання в ANSYS Fluent                                               | 5-6             | 38     | 2            | 6   |     |      |   | 30 |
| Разом за змістовим модулем 1                                                                                    | 80              |        | 6            | 14  |     |      |   | 60 |
| Змістовий модуль 2. «Чисельне моделювання процесів гідродинаміки і теплопереносу в теплоенергетичних пристроях» |                 |        |              |     |     |      |   |    |
| Тема 4. Основні принципи оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання на                                   | 7-8             | 26     | 2            | 4   |     |      |   | 20 |

|                                                                                                          |            |    |           |   |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|-----------|---|-----------|-----------|
| основі результатів чисельного моделювання в ANSYS Design Exploration                                     |            |    |           |   |           |           |
| Тема 4. Обробка результатів оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання в ANSYS Design Exploration | 9-10       | 14 | 2         | 2 |           | 10        |
| Разом за змістовим модулем 2                                                                             | 40         |    | 4         | 6 |           | 30        |
| <b>Усього годин</b>                                                                                      | <b>120</b> |    | <b>10</b> |   | <b>20</b> | <b>90</b> |

### 3. Теми лабораторних (практичних, семінарських) занять

| № з/п | Назва теми                                                                  | Кількість годин |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1.    | Потік рідини та теплообмін у змішувальному коліні                           | 4               |
| 2.    | Моделювання плавлення матеріалу                                             | 4               |
| 3.    | Моделювання горіння газів в турбулентній дифузійній печі                    | 4               |
| 4.    | Моделювання теплообмінного апарата і налаштування оптимізаційних параметрів | 4               |
| 5.    | Виведення та обробка даних оптимізації теплообмінного апарата               | 4               |
|       | Разом                                                                       | 20              |

### 4. Теми самостійної роботи

| № з/п | Назва теми                                                           | Кількість годин |
|-------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Моделювання теплообмінного обладнання                                | 30              |
| 2     | Обробка результатів чисельного моделювання теплообмінного обладнання | 30              |
| 3     | Геометрична оптимізація теплообмінного обладнання                    | 20              |
| 4     | Аналіз оптимізаційних параметрів теплообмінного обладнання           | 10              |
|       | Разом                                                                | 90              |

### 5. Засоби діагностики результатів навчання:

*(вибрати необхідне чи доповнити)*

- **екзамен;**
- залік;
- **модульні тести;**
- реферати;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- **захист лабораторних та практичних робіт;**
- інші види.

## 6. Методи навчання:

*(вибрати необхідне чи доповнити)*

- **словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);**
- **практичний метод (лабораторні, практичні заняття);**
- **наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);**
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- **самостійна робота (виконання завдань);**
- індивідуальна науково-дослідна робота здобувачів вищої освіти.
- інші види.

## 7. Методи оцінювання.

*(вибрати необхідне чи доповнити)*

- **екзамен;**
- залік;
- усне або письмове опитування;
- **модульне тестування;**
- командні проєкти;
- реферати, есе;
- **захист лабораторних та практичних робіт;**
- презентації та виступи на наукових заходах
- інші види.

## 8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

| Рейтинг здобувача вищої освіти, бали | Оцінка національна та результати складання |               |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|
|                                      | екзаменів                                  | заліків       |
| 90-100                               | відмінно                                   | зараховано    |
| 74-89                                | добре                                      |               |
| 60-73                                | задовільно                                 |               |
| 0-59                                 | незадовільно                               | не зараховано |

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни **R<sub>дис</sub>** (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до

рейтингу здобувача вищої освіти з навчальної роботи  $R_{HP}$  (до 70 балів):  $R_{дис} = R_{HP} + R_{AT}$ .

## 9. Навчально-методичне забезпечення

*(вибрати необхідне чи доповнити)*

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=5218>);
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти;
- програма навчальної (виробничої) практики навчальної дисципліни (якщо вона передбачена навчальним планом).

## 10. Рекомендовані джерела інформації

### Основна література

1. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компрінт, 400 с.
2. Теплотехніка / [упор. Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
3. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компрінт». 2015. – 389 с.

### Додаткова література

1. Гузьова І.Про., Нагурський А. О. Чисельне моделювання хіміко-технологічних процесів з використанням моделюючої програми CHEMCAD :: Numerical Modeling of Chemical. 2021. Львівська політехніка, 140 с.
2. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2018. ЦП Компрінт, 393 с.
3. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компрінт». 2016. – 300 с.
4. Халатов А. А., Мочалін Є. В., Димитрієва Н. Ф. Основи теорії примежового шару. 2019. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 191 с.

### Інформаційні ресурси

1. Кудинов, Карташов, Стефанюк: Теплотехника. Учебное пособие. <https://www.labirint.ru/books/622980/>

2. Теплотехника : учебник для вузов / под общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Бауман . <http://baumanpress.ru/books/347/347.pdf>

3. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві. Навчальний посібник. <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/teplotehnika.pdf>



## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Моделювання теплових і гідродинамічних процесів»

Ступінь вищої освіти - Бакалавр

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «освітньо-професійна»

Рік навчання 2, семестр 3

Форма навчання денна

Кількість кредитів ЄКТС 4,0

Мова викладання українська

Лектор навчальної  
дисципліни  
Контактна інформація  
лектора (e-mail)

URL ЕНК на  
навчальному порталі  
НУБіП України

Троханяк Віктор Іванович, к.т.н., доцент

03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12В, н. к. №11, ауд. 301,  
143. Роб. тел.: (044) 527-80-97. E-mail:

[Trokhaniak\\_v@nubip.edu.ua](mailto:Trokhaniak_v@nubip.edu.ua)

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=5245>

### ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(до 1000 друкованих знаків)

Мета — засвоєння майбутніми інженерами-теплоенергетиками теоретичних і практичних основ математичного моделювання в області теплоенергетики, теплофізики і теплоенергетичних установок.

Завдання — підготувати бакалаврів до наукової діяльності в області сучасних і пріоритетних методах підвищення рівня вирішення енергетичних проблем, у тому числі вивчення наукових основ роботи теплоенергетичних установок, теплових електростанцій, тощо. Основне завдання вивчення дисципліни полягає у підготовці студентів до можливості проведення математичного моделювання при розробці нового теплоенергетичного устаткування.

#### Компетентності навчальної дисципліни:

*інтегральна компетентність (ІК):* ІК1. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у теплоенергетичній галузі або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

*загальні компетентності (ЗК):* ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

*спеціальні (фахові) компетентності (СК):* СК1 Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці. СК3 Здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.

**Програмні результати навчання навчальної дисципліни:** ПРН5 Розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.

### СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Тема                                                                                                                                               | Години<br>(лекції/<br>лабораторні/<br>самостійні) | Результати<br>навчання                                                       | Завдання                                                                                                 | Оцінювання   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Навчальна робота</b>                                                                                                                            |                                                   |                                                                              |                                                                                                          |              |
| <b>Модуль 1. «Основні теоретичні принципи математичного моделювання»</b>                                                                           |                                                   |                                                                              |                                                                                                          |              |
| Тема 1. Загальні положення про чисельне моделювання в ANSYS                                                                                        | 2/-/30                                            | Розуміння основних положень в моделюванні.                                   | Виконання самостійної роботи №1<br>(в т.ч. в elearn)                                                     | 10           |
| Тема 2. Основні моделі в ANSYS Fluent                                                                                                              | 2/8/-                                             | Розуміти основні моделі які використовуються при чисельному моделюванні.     | Здача практичної роботи №1.<br>(в т.ч. в elearn)                                                         | 20           |
|                                                                                                                                                    |                                                   |                                                                              | Здача практичної роботи №2.<br>(в т.ч. в elearn)                                                         | 25           |
| Тема 3. Обробка результатів чисельного моделювання в ANSYS Fluent                                                                                  | 2/6/30                                            | Набуття навичок обробки результатів чисельного моделювання                   | Здача практичної роботи №3.<br>(в т.ч. в elearn)                                                         | 25           |
|                                                                                                                                                    |                                                   |                                                                              | Виконання самостійної роботи №2<br>(в т.ч. в elearn)                                                     | 10           |
|                                                                                                                                                    |                                                   |                                                                              | Здача тесту модуль 1 в elearn.                                                                           | 10           |
| <b>Всього за модулем 1</b>                                                                                                                         | <b>80</b>                                         |                                                                              |                                                                                                          | <b>100</b>   |
| <b>Модуль 2. «Чисельне моделювання процесів гідродинаміки і теплопереносу в теплоенергетичних пристроях»</b>                                       |                                                   |                                                                              |                                                                                                          |              |
| Тема 4. Основні принципи оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання на основі результатів чисельного моделювання в ANSYS Design Exploration | 2/4/20                                            | Засвоїти основні принципи оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання. | Здача практичної роботи №4.<br>(в т.ч. в elearn)<br>Виконання самостійної роботи №3<br>(в т.ч. в elearn) | 40<br><br>10 |
| Тема 4. Обробка результатів оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання в ANSYS Design Exploration                                           | 2/2/10                                            | Набути основні навички обробки результатів оптимізації                       | Здача практичної роботи №5.<br>(в т.ч. в elearn)<br>Виконання самостійної роботи №4                      | 30<br><br>10 |

|                                   |            |                                                           |            |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|------------|
|                                   |            | (в т.ч. в elearn)<br>Здача тесту<br>модуль 2 в<br>elearn. | 10         |
| <b>Всього за модулем 2</b>        | <b>40</b>  |                                                           | <b>100</b> |
| <b>Всього за навчальну роботу</b> |            |                                                           | <b>70</b>  |
| <b>Іспит</b>                      |            |                                                           | <b>30</b>  |
| <b>Всього за курс</b>             | <b>120</b> |                                                           | <b>100</b> |

### ПОЛІТИКА ОЦІНЮВАННЯ

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Політика щодо дедлайнів та перескладання:</b> | Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модульних тестів відбувається із дозволу викладача за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).<br>Якщо після проходження підсумкової атестації (іспиту), студент не задоволений оцінюванням викладачем за письмове питання - студент має право захистити на співбесіді з викладачем та/або обґрунтувати правильність власної відповіді. При позитивній або негативній відповіді студента при співбесіді, кінцева оцінка за підсумкову атестацію (іспит) може змінитись. |
| <b>Політика щодо академічної доброчесності:</b>  | Списування під час модульних тестів та підсумкової атестації (іспиту) заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсова робота повинна мати коректні текстові посилання на використану літературу.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Політика щодо відвідування:</b>               | Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із директором інституту).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

| Рейтинг здобувача вищої освіти, бали | Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків |               |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|
|                                      | екзаменів                                                    | заліків       |
| 90-100                               | відмінно                                                     | зараховано    |
| 74-89                                | добре                                                        |               |
| 60-73                                | задовільно                                                   |               |
| 0-59                                 | незадовільно                                                 | не зараховано |

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

#### Основна література

1. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компринт, 400 с.
2. Теплотехніка / [упор. Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКІОС», 2005. – 400 с.
3. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. – ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.

### Додаткова література

1. Гузьова І.Про., Нагурський А. О. Чисельне моделювання хіміко-технологічних процесів з використанням моделюючої програми CHEMCAD :: Numerical Modeling of Chemical. 2021. Львівська політехніка, 140 с.
2. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2018. ЦП Компринт, 393 с.
3. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
4. Халатов А. А., Мочалін Є. В., Димитрієва Н. Ф. Основи теорії прилежового шару. 2019. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 191 с.
5. Алабовский А. Н., Константинов С. М., Недужий И. А. Теплотехника. – К.: Вища шк., 1986. – 256 с.
6. Теплотехніка / О. Ф. Буляндра, Б. Х. Драганов, В. Г. Федорів та ін. – К.: Вища шк., 1998. – 333 с.
7. Драганов Б. Х., Кузнецов А. В., Рудобашта С. П. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
8. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1975. – 496 с.
9. Теплотехника / Под ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986. – 427 с.
10. Техническая термодинамика / Под ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
11. Юдаев Б. М. Техническая термодинамика. Теплопередача. – М.: Высш. шк., 1988. – 480 с.
12. J. Szargut. Termodynamika. – Warszawa, Panstwowe wydawnictwo Naukowe, 1985.

### Інформаційні ресурси

1. Кудинов, Карташов, Стефанюк: Теплотехника. Учебное пособие.  
<https://www.labyrinth.ru/books/622980/>
2. Теплотехника : учебник для вузов / под общ. ред. А. М. Архарова,. В. Н. Афанасьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Бауман . <http://baumanpress.ru/books/347/347.pdf>
3. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві. Навчальний посібник.  
<http://base.dnsgb.com.ua/files/book/teplotehnika.pdf>