

**ГМІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**СИЛАБУС ВИБІРКОВОГО ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТУ  
«ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОВИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»**

Мова навчання – *українська*

Шифр та найменування галузі знань *14 «Електрична інженерія»*

Код та найменування спеціальності *144 «Теплоенергетика»*

Освітньо-наукова програма *Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика*

Ступінь вищої освіти *Доктор філософії*

Затверджено на засіданні

Методичної Ради зі спеціальності *144 Теплоенергетика*  
*« 09 » 03 2023 р. протокол №1.*

Реєстраційний номер у відділі аспірантури та докторантури

39-144-2023А

## 1. Загальна інформація

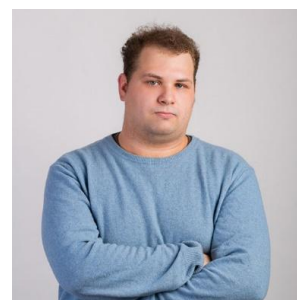
**Кафедра:** [Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики](#)  
**Викладач:** Бошкова Ірина Леонідівна, професор кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, професор



**Контакти:**  
тел: 0963316521  
e-mail: boshkova.irina@gmail.com

[Профайл](#)

**Викладач:** Мукмінов Ігор Ігорович, асистент кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики



**Контакти:**  
тел: 0671870973  
e-mail: fatalrew@gmail.com

[Профайл](#)

Освітній компонент викладається на 1 курсі у 2 семестрі

Кількість: кредитів – 4, годин – 120

|                          | Всього     | Лекції | практичні    |
|--------------------------|------------|--------|--------------|
| денна                    | 40         | 20     | 20           |
| заочна                   | 24         | 12     | 12           |
| Самостійна робота, годин | Денна - 80 |        | Заочна – 108 |

[Розклад занять](#)

## 2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент (ОК) «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» тісно пов'язан з теплоенергетичними процесами в технічних пристроях та теплотехнологіями. Розглядаються сучасні методи візуалізації теплових і гідродинамічних процесів, засновані на експериментальному дослідженні та комп'ютерному моделюванні. Представлено програмне забезпечення для комп'ютерної візуалізації температурних полів та гідродинамічних потоків. Аналізуються можливості програмних комплексів Ansys і Comsol як універсальні програмні системи комп'ютерної візуалізації та аналізу лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач різної природи. Вивчається класифікація завдань експериментального дослідження теплогідравлічних процесів за впливом зовнішніх динамічних сил, застосування методів візуалізації в оптично неоднорідному середовищі (тіньові, шлірен, інтерференційні методи, голографія), візуалізація конвекційних потоків методом Теплера. Представлені експериментальні установки та апаратура для візуалізації теплових та гідравлічних потоків.

Освітній компонент «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Методологія наукових досліджень», «Філософія пізнання», послідовні – «Сучасні методи інтенсифікації тепломасообміну», «Педагогічна практика».

## 3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання дисципліни «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» є представлення здобувачам перспектив розвитку концепцій та методів візуального подання гідродинамічних та теплових процесів на підставі експериментальних досліджень та за використання сучасних програмних комплексів для формування знань в області фізичних явищ перенесення.

*В результаті вивчення курсу «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» студенти повинні*

**знати:** існуючі експериментальні та комп'ютерні методи візуалізації течії рідини та газу; методи візуалізації температурних полів та теплових потоків, моделювання процесів охолодження; сучасну експериментальну техніку для проведення окремих досліджень з можливістю візуалізації;

**вміти:** вибирати та застосовувати раціональні методи візуалізації процесів теплової та гідравлічної природи, аналізувати результати досліджень та зіставляти їх з фізичним процесом, узагальнювати отримані дані та оформлювати наукові висновки.

#### **4. Компетентності та програмні результати навчання**

У результаті вивчення освітнього компоненту «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика](#) та [освітньо-науковій програмі «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика»](#).

##### **Інтегральна компетентність**

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення

##### **Загальні компетентності:**

**ЗК 1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**ЗК03.** Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

##### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

**СК 1.** Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

**СК 4.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

**СК04.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

##### **Програмні результати навчання:**

**ПРН 3.** Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

**ПРН 4.** Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань

та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

**ПРН 5.** Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

**ПРН 7.** Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

## 5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

### 5.1 Перелік лекційних завдань

| Тема                                                                                                | Зміст теми                                                                                                                                         | Кількість годин |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
|                                                                                                     |                                                                                                                                                    | денна           | заочна    |
| <b>Змістовний модуль 1. Комп'ютерна симуляція теплових та гідравлічних процесів.</b>                |                                                                                                                                                    |                 |           |
| 1.                                                                                                  | Огляд програмного забезпечення для комп'ютерної візуалізації температурних полів та гідродинамічних потоків                                        | 2               | 2         |
| 2.                                                                                                  | Ansys як універсальна програмна система аналізу та рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач різної природи. | 2               |           |
| 3.                                                                                                  | Можливості програмного комплексу Comsol                                                                                                            | 2               | 1         |
| 4.                                                                                                  | Моделювання процесу передачі теплової енергії на прикладі конвекції в середовищі FLOWVISION                                                        | 2               | 2         |
| 5.                                                                                                  | Взаємодія чисельної та експериментальної візуалізації потоків                                                                                      | 2               | 1         |
| <b>Змістовний модуль 2. Експериментальні прийоми візуалізації теплових та гідравлічних процесів</b> |                                                                                                                                                    |                 |           |
| 1                                                                                                   | Класифікація завдань експериментального дослідження теплогідравлічних процесів за впливом зовнішніх динамічних сил                                 | 2               | 2         |
| 2                                                                                                   | Відомості про гідравлічні дослідження та методи візуалізації течії                                                                                 | 2               |           |
| 3                                                                                                   | Основні методи дослідження характеристик потоку на гідравлічних установках та стендах                                                              | 2               | 1         |
| 4                                                                                                   | Методи візуалізації гідродинаміки та нестаціонарного теплообміну у зернистих                                                                       | 2               | 2         |
| 5                                                                                                   | Експериментальні установки та апаратура для візуалізації теплових та гідравлічних потоків                                                          | 2               | 1         |
| <b>Разом за ОК:</b>                                                                                 |                                                                                                                                                    | <b>20</b>       | <b>12</b> |

### 5.2 Перелік практичних робіт

| № з/п                | Назва практичної роботи                                                        | Кількість годин |           |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
|                      |                                                                                | денна           | заочна    |
| 1                    | Огляд бібліотеки додатків та нових навчальних моделей COMSOL Multiphysics® 6.1 | 4               | 2         |
| 2                    | Аналіз турбулентності методом від'єднаних вихорів у COMSOL Multiphysics        | 4               | 2         |
| 3                    | Моделювання конвективного теплообміну в COMSOL Multiphysics                    | 4               | 2         |
| 4                    | Моделювання мікрохвильового нагріву в COMSOL Multiphysics                      | 4               | 3         |
| 5                    | Основи теплового аналізу в COMSOL Multiphysics                                 | 4               | 3         |
| <b>Всього за ОК:</b> |                                                                                | <b>20</b>       | <b>12</b> |

### 5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

| № | Назва теми | Кількість годин |
|---|------------|-----------------|
|---|------------|-----------------|

|     |                                                                                                                                                    |           |            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| п/п |                                                                                                                                                    |           |            |
|     | <b>Опрацювання лекційного матеріалу</b>                                                                                                            | <b>20</b> | <b>30</b>  |
| 1   | Аnsys як універсальна програмна система аналізу та рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач різної природи. | 4         | 6          |
| 2   | Можливості програмного комплексу Comsol                                                                                                            | 4         | 6          |
| 3   | Моделювання процесу передачі теплової енергії на прикладі конвекції в середовищі FLOWVISION                                                        | 4         | 6          |
| 4   | Методи візуалізації гідродинаміки та нестаціонарного теплообміну у зернистих                                                                       | 4         | 6          |
| 5   | Експериментальні установки та апаратура для візуалізації теплових та гідравлічних потоків                                                          | 4         | 6          |
|     | <b>Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції</b>                                                                          | <b>20</b> | <b>30</b>  |
| 1   | Моделювання фазових переходів у COMSOL Multiphysics®                                                                                               | 7         | 10         |
| 2   | Дисперсні моделі багатофазних течій у COMSOL Multiphysics®                                                                                         | 6         | 10         |
| 3   | Практичні основи теплового аналізу COMSOL Multiphysics®                                                                                            | 7         | 10         |
|     | <b>Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань</b>                                                                                        | <b>25</b> | <b>33</b>  |
| 1   | Моделювання охолодження електронних пристроїв в COMSOL Multiphysics®                                                                               | 5         | 7          |
| 2   | Робота програмних комплексів SolidWorks и FlowVison                                                                                                | 5         | 7          |
| 3   | Моделювання у середовищі FlowVision процесу конвективної передачі теплової енергії від нагрітого тіла (батареї) до газу в замкнутому просторі      | 5         | 6          |
| 4   | Методи вивчення процесів тепломасообміну в зернистих середовищах при дії мікрохвильового поля                                                      | 5         | 7          |
| 5   | Вивчення можливостей візуалізації конвекційних потоків (вода; метод Теплера).                                                                      | 5         | 6          |
|     | <b>Підготовка та складання контрольних заходів</b>                                                                                                 | <b>15</b> | <b>15</b>  |
|     | <b>Всього</b>                                                                                                                                      | <b>80</b> | <b>108</b> |

## 6. Система оцінювання та вимоги

Контроль успішності навчання здобувача проводиться у формах вхідного, поточного і підсумкового контролів.

Вхідний контроль якості навчання здійснюється на початку курсу проведенням перевірки залишкових знань здобувачів за ОК, що забезпечують вивчення даного освітнього компоненту (діагностика первинних знань здобувачів).

Формами поточного контролю є:

- *модульні контрольні роботи;*
- *тестування знань здобувачів з певних тем або з певних окремих питань ОК;*
- *виконання і захист практичних/лабораторних робіт;*
- *усне опитування;*

Підсумковий контроль – *диф. залік*

**Нарахування балів:**

| Вид роботи, що підлягає контролю                                                                    | Максимальна кількість оціночних балів |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|
|                                                                                                     | денна                                 | заочна |
| <b>Змістовний модуль 1. Комп'ютерна симуляція теплових та гідравлічних процесів.</b>                |                                       |        |
| Лекційний курс *                                                                                    | -                                     | -      |
| Практичні роботи*                                                                                   | 20                                    | 12     |
| Самостійні роботи*                                                                                  | 20                                    | 34     |
| Тест*                                                                                               | 10                                    | 10     |
| Всього за змістовний модуль 1                                                                       | 50                                    | 50     |
| <b>Змістовний модуль 2. Експериментальні прийоми візуалізації теплових та гідравлічних процесів</b> |                                       |        |
| Лекційний курс *                                                                                    | -                                     | -      |
| Практичні роботи*                                                                                   | 20                                    | 12     |
| Самостійні роботи*                                                                                  | 20                                    | 28     |
| Тест*                                                                                               | 10                                    | 10     |
| Всього за змістовний модуль 2                                                                       | 50                                    | 50     |
| Всього                                                                                              | 100                                   | 100    |

\*Є можливість визнання результатів неформальної освіти відповідно до п.2 [Положення про порядок перезарахування результатів навчання \(навчальних дисциплін\) в Одеському національному технологічному університеті.](#)

**Критерії оцінювання програмних результатів навчання здобувачів**  
**Підсумковий контроль – диф. залік**

**Практичні роботи (оцінювання однієї роботи)**

|                        |                                                                         |              |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>1,8 – 2,0 бал</b>   | Практична відпрацьована вчасно, надані повні обґрунтовані відповіді     | відмінно     |
| <b>1,7 – 1,9 балів</b> | Практична відпрацьована вчасно, при відповіді допущені неточності       | дуже добре   |
| <b>1,4 – 1,6 балів</b> | Практична відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки            | добре        |
| <b>1,0 – 1,3 балів</b> | Практична відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки | достатньо    |
| <b>0-0,9 балів</b>     | Практична не відпрацьована або дані незадовільні відповіді              | незадовільно |

**Самостійна робота**

| Денна              | Заочна             |                                                                                         |          |
|--------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>18-20 балів</b> | <b>25-28 балів</b> | Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді | відмінно |

|                    |                    |                                                                                       |              |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>15-17 балів</b> | <b>20-24 бали</b>  | Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності | дуже добре   |
| <b>12-14 бали</b>  | <b>14-19 балів</b> | Самостійна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки                  | добре        |
| <b>9-11 балів</b>  | <b>9-13 балів</b>  | Самостійна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки       | достатньо    |
| <b>0-8 балів</b>   | <b>0-8 балів</b>   | Самостійна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді                    | незадовільно |

\*Є можливість визнання результатів неформальної освіти відповідно до п.2 [Положення про порядок перезарахування результатів навчання \(навчальних дисциплін\) в Одеському національному технологічному університеті.](#)

### Тестування (за один тест)

|                    |                                  |              |
|--------------------|----------------------------------|--------------|
| <b>8-10 балів</b>  | 90 - 100 % правильних відповідей | відмінно     |
| <b>6 -7 балів</b>  | 74 – 89% правильних відповідей   | дуже добре   |
| <b>4 – 5 балів</b> | 60 – 73% правильних відповідей   | добре        |
| <b>2 – 3 балів</b> | 35 – 59 % правильних відповідей  | достатньо    |
| <b>0 – 1 балів</b> | 0-35 % правильних відповідей     | незадовільно |

### Критерії оцінювання програмних результатів навчання здобувачів

#### Підсумковий контроль – диф.залік

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>28-30 балів</b> | якщо здобувач демонструє повні й глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, уміння приймати необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру | відмінно     |
| <b>25-27 балів</b> | якщо здобувач демонструє повні знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, уміння приймати необхідні рішення в стандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру                    | дуже добре   |
| <b>20-24 бали</b>  | якщо здобувач виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки й неточності                                                                                                                                                                                                        | добре        |
| <b>15-19 балів</b> | якщо здобувач засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури                                                                     | задовільно   |
| <b>0-14 балів</b>  | якщо здобувач не володіє необхідними знаннями, уміннями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури                                                                                                                                                                             | незадовільно |

### 7. Засоби діагностики успішності навчання

**Методи навчання**, які використовуються у процесі проведення занять, а також самостійних робіт за ОК:

**Лекційні заняття:** *Словесні методи: розповідь, пояснення, бесіда, дискусія; Наочні: ілюстрація, спостереження, демонстрація; пояснювально- демонстративний метод, проблемний виклад.*

**Практичні заняття:** *аналіз конкретних ситуацій (проблемних, звичайних, нетипових); групове обговорення питання; дискусії, виконання ситуаційно-розрахункових задач, технології ситуативного моделювання, технології опрацювання дискусійних питань*

**Самостійна робота:** *робота з навчально-методичними матеріалами, складання звітної документації, науково-дослідна робота здобувачів (методи пізнання, аналогій, оцінка, ілюстрація тощо), реферування, конспектування.*

## 8.Інформаційні ресурси

### Базові (основні):

1. Boshkova, I. L. Bases of heat and mass transfer [Текст] : textbook for students / I. L. Boshkova, N. V. Volgusheva; Odessa National Academy of Food Technologies, V.S. Martynovskiy Educational & Scientific Institute of Cold, Cryotechnologies and Environmental Energy. — Odessa : Bondarenko M., 2018. — 184 p.
2. Календер'ян, В.О. Методи дослідження процесів теплообміну [Текст]: навч. посіб. Ч. 1: Розрахункові методи / В. О. Календер'ян; Одес. держ. акад. холоду. — Одеса: ОДАХ, 2006. — 171 с.
3. Календер'ян, В.О. Методи дослідження процесів теплообміну [Текст]: навч. посіб. Ч. 2: Експериментальні методи / В. О. Календер'ян; Одеська держ. акад. холоду. — Одеса : ОДАХ, 2006. — 75 с.
4. Методи дослідження процесів теплообміну [Електронний ресурс]: метод. вказівки до викон. лаб. робіт для студентів напряму підготовки 6.050601 "Теплоенергетика" / уклад. І.Л. Бошкова; Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2016. — 1 електрон. опт. диск (CD-R): 47 с.
5. Бошкова, І. Л. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія тепломасообміну" [Електронний ресурс]: для студентів спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / І. Л. Бошкова, М. Д. Потапов, Н. В. Волгушева; відп. за вип. О. С. Тітлов; Каф. нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики. — Одеса: ОНАХТ, 2020. — 73 с.

### Додаткові (за наявності):

1. Календер'ян, В. А. Тепломассоперенос в аппаратах с плотным слоем дисперсного материала [Текст]: монография / В. А. Календер'ян, И. Л. Бошкова. — Киев : Слово, 2011. — 184 с.
2. Угольніков, О.П. Методи дослідження процесів теплообміну [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. П. Угольніков, І. Л. Бошкова; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса: ОНАПТ ИХКЭ, 2014. — 1 електрон. опт. диск (CD-R): 106 с. текста.
3. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва [Текст]: навч. посіб. Ч. 2 / І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стоцько, В.В. Яськов; Наук.-метод. центр вищої освіти М-ва освіти і науки України. — Львів: Бескид Біт, 2006. — 386 с.
4. Погорелов, А. І. . Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку) [Текст]: навч. посіб. /А. І. Погорелов. — 4-те вид., випр. — Львів: Новий Світ-2000, 2006. — 144 с. — (Вища освіта України). Мова: Українська Шифр: 536(075) Авторський знак: П43.



### 9. Політика освітнього компоненту

Політика всіх освітніх компонент в ОНТУ є уніфікованою та визначена з урахуванням законодавства України, [Корпоративному кодексу ОНТУ](#), [Кодексу академічної доброчесності ОНТУ](#), [Положення про організацію освітнього процесу ОНТУ](#), [Положення про порядок перезарахування результатів навчання \(навчальних дисциплін\) в ОНТУ](#), [вимог ISO 9001:2015](#) та [роботодавців](#).

Викладач /ПІДПИСАНО/ Ірина БОШКОВА

Викладач /ПІДПИСАНО/ Ігор МУКМІНОВ

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри НТІТ\_\_\_\_\_

Протокол від 22.02.2023 р. № 8

Завідувач кафедри /ПІДПИСАНО/ Олександр ТІТЛОВ

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП *ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРОМИСЛОВА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА*

*професор кафедри ЕТПЕ* /ПІДПИСАНО/ Борис КОСОЙ