

**Силабус дисципліни**  
**Методи дослідження теплофізичних властивостей**  
**палива та тепломасообмінних процесів при його**  
**спалюванні**



Ступінь вищої освіти – третій (доктор філософії)  
Галузь знань – 14 Електрична інженерія  
Спеціальність – 144 Теплоенергетика  
Освітньо-професійна програма - «Теплоенергетика»  
Кількість кредитів - 4 (120 академічних годин)  
Термін вивчення дисципліни – 3-й семестр  
Компонент освітньої програми: вільного вибору здобувачів вищої освіти третього освітнього рівня (доктор філософії) циклу професійної (фахової) підготовки  
Мова викладання: українська  
Час і місце проведення: відповідно до затвердженого розкладу занять

**Керівник курсу:** проф., д.т.н. Пінчук Валерія Олександрівна

**Контактна інформація:** [valeriya.a.pinchuk@gmail.com](mailto:valeriya.a.pinchuk@gmail.com)

**Консультації:** пн. 13.00-14.00, кафедра енергетичних систем та енергоменеджменту, к. 109а

**Опис дисципліни**

**Призначення навчальної дисципліни** – придбання теоретичних та практичних навичок для проведення експериментальних досліджень щодо тепломасообмінних процесів при спалюванні палив та їх теплофізичних властивостей, навичок обробки, аналізу, інтерпретації та представлення отриманих результатів експериментальних досліджень.

**Мета вивчення дисципліни** - навчання здобувача ступеня доктора філософії фундаментальним положенням теплообміну при спалюванні палив та теоретичним основам та методам експериментальних досліджень теплофізичних властивостей та процесу горіння палива.

**У результаті вивчення дисципліни студент повинен:**

**знати:**

- фундаментальні основи кінетики і тепломасообміну при горінні палива;
- основні положення теорія теплопровідності та теплоємності речовини;
- методи дослідження і проведення експериментальних робіт щодо теплофізичних властивостей та процесу горіння палива; методів аналізу і обробки отриманих експериментальних даних; фізичних і математичних моделей досліджуваних об'єктів.

**вміти:**

- використовувати сучасні методи збору, аналізу і обробки наукової інформації; проведення аналізу достовірності отриманих результатів, зіставлення результатів теоретичних і експериментальних досліджень;
- використовувати сучасні методи комп'ютерного моделювання для розв'язання науково-дослідних та практичних задач теплообміну;
- використовувати сучасні стандартні комп'ютерні програми для вирішення задач моделювання процесу горіння та теплофізичних властивостей та інтерпретації отриманих результатів;
- самостійно проводити експериментальні дослідження теплофізичних властивостей та процесу горіння палива, обробляти та оцінювати отримані результати.

**Набуті компетентності:**

- здатність виявляти та уточнювати цілі та заходи, необхідні для вирішення наукових проблем (ЗК-6);
- здатність планувати та організовувати науково-дослідні та дослідно-експериментальні роботи (ЗК-8);
- здатність визначити математичну, природничо-наукову та технічну сутність проблем і задач, що виникають в сфері теплоенергетики, виконати їх системний якісний та кількісний аналіз (СК-1);

- здатність обирати та використовувати сучасні методи дослідження, проводити технічні іспити і наукові експерименти, оцінювати отримані результати, інтерпретувати та представляти результати досліджень (СК-2);
- готовність на основі системного підходу створювати і використовувати моделі для опису і прогнозування різних явищ, здійснювати їх якісний і кількісний аналіз (СК-9).

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

- знання і розуміння професійних дисциплін, що базуються на основі знань з математики, фізики, хімії, гідрогазодинаміки, тепло - та масообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, теплотехнічних процесів та обладнання і відповідають спеціальності «Теплоенергетика», на рівні, необхідному до наукового рівня доктора філософії (PH01);
- знання і розуміння інших дисциплін, що включають аспекти спеціальності «Теплоенергетика» на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми (PH03);
- -нання сучасного рівня науки і техніки в галузі теплоенергетики та технічної теплофізики; тенденцій розвитку галузі. Досконале знання об'єктів професійної діяльності: теплових станцій, систем енергозабезпечення підприємств, парових та водогрійних котлів різного призначення, енергоблоків, парогазових і газотурбінних установок, компресорних, холодильних установок, теплових насосів, паливних елементів, тепло- і масообмінних апаратів різного призначення, теплотехнологічних установок (PH04).

#### Інженерний аналіз:

- здатність аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати, аналізувати, вдосконалювати і розробляти нові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи досліджень; аналізувати результати таких досліджень (PH05).

#### Проектування:

- здатність розробляти, проектувати, модернізувати і аналізувати складні об'єкти в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; аналізувати адекватність методології проектування (PH07);
- здатність розробляти, проектувати і модернізувати експериментальні установки для проведення власних наукових досліджень (PH10);
- розуміння та досвід застосування методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціальності «Теплоенергетика» (PH15);
- практичні навички з обґрунтування та реалізації наукових проектів у галузі теплоенергетики та технічної теплофізики (PH16);
- знання інформаційних технологій в наукових дослідженнях та педагогічній діяльності, що відносяться до професійної сфери. Вміння застосовувати засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення теоретичних та науково-практичних; самостійно використовувати сучасні методи комп'ютерного моделювання; знання актуальних пакетів прикладних програм для вирішення задач моделювання структур та інтерпретації отриманих результатів (PH19).

#### Дослідження:

- здатність здійснювати аналіз необхідної інформації з технічної літератури, здійснювати аналіз змісту наукових баз даних та інших відповідних джерел інформації, на цій основі здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження теплофізичних та інших процесів, які є предметом спеціальності «Теплоенергетика» (PH11);
- здатність застосовувати методи планування експериментальних досліджень, проводити їх за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів) та оброблювати результати за допомогою обчислювальної техніки, оцінювати адекватність результатів досліджень (PH13).

#### Судження:

- -здатність донесення суджень з питань в межах спеціалізації спеціальності «Теплоенергетика», які враховують відповідні технічні, екологічні, економічні, соціальні та етичні проблеми (PH20).

### **Пререквізити навчальної дисципліни**

Дисципліна «**Методи дослідження теплофізичних властивостей палива та тепломасообмінних процесів при його спалюванні**» передусе вивчення наступних дисциплін: «Іноземна мова в науковій діяльності», «Інформаційні технології в наукових дослідженнях», «Підготовка та документування результатів наукової діяльності», «Патентно-інформаційні дослідження».

## План вивчення навчальної дисципліни

### 1. Розподіл навчальних годин

	Усього	Семестр
		3
Усього годин за навчальним планом, у тому числі:	120	120
Аудиторні заняття, з них:	48	48
Лекції	16	16
Лабораторні роботи	16	16
Практичні заняття	16	16
Семінарські заняття	0	0
Самостійна робота, у тому числі при:	72	72
підготовці до аудиторних занять	24	24
підготовці до модульних контрольних робіт (екзамену)	3	3
виконанні курсових проектів (робіт)	0	0
виконанні індивідуальних завдань	0	0
опрацюванні розділів програми, які не викладаються на лекціях	45	45
Заходи семестрового контролю		екзамен

### 2. Структура дисципліни

Модуль 1: Загальні положення визначення теплофізичних властивостей палива	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. <u>Теплопровідність та теплоємність речовини</u></b> Механізм процесу теплопровідності в твердому тілі, газі та рідині. Зв'язок значення коефіцієнта теплопровідності від різних чинників. Теплоємність. Теплоємність для різних процесів та стану речовини.</p> <p><b>2. <u>Чисельне моделювання визначення теплофізичних властивостей</u></b> Метод кінцевих різниць. Метод прогонки</p>
<b>ПР</b>	Чисельне моделювання визначення коефіцієнту теплопровідності палива
<b>СР</b>	Аналіз сучасних досліджень теплофізичних властивостей палив
Модуль 2: Методи визначення коефіцієнту теплопровідності палив	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. <u>Основні експериментальні методи визначення коефіцієнту теплопровідності палив</u></b> Вибір метода вимірювання. Стаціонарні та нестаціонарні методи. Метод пластини. Метод кулі. Метод нагрітої нитки. Метод бікалориметра. Метод порівняння теплопровідності.</p>
<b>ПР</b>	Обробка результатів експериментальних вимірювань теплофізичних властивостей
<b>ЛР</b>	Визначення коефіцієнту теплопровідності водовугільного палива
<b>ЛР</b>	Визначення коефіцієнту теплопровідності вугілля
<b>СР</b>	Класифікація методів і приладів для вимірювання теплофізичних властивостей
Модуль 3: Методи визначення теплоємності палив	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. <u>Основні експериментальні методи визначення теплоємності палив</u></b> Метод адіабатичного калориметра. Метод діатермічної оболонки. Методів безперервного нагріву. Метод змішування. Імпульсний метод.</p>
<b>ПР</b>	Моделювання визначення коефіцієнту теплоємності палива
<b>ЛР</b>	Визначення теплоємності палива. Визначення коефіцієнту тепловіддачі при примусовому русі водовугільного палива
<b>СР</b>	Засоби вимірювання температури та джерела похибок при вимірюванні
Модуль 4: Теплообмін при горінні палива	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. <u>Кінетика і тепломасообмін при горінні твердого палива</u></b> Тепломасообмін в процесах запалення і горіння гетерогенних сумішей. Динаміка термічного розкладу органічної маси твердого палива. Кінетика згоряння паливних частинок при стехіометричній витраті повітря. згоряння твердих паливних частинок в необмеженому обсязі.</p> <p><b>2. <u>Кінетика і тепломасообмін при горінні газоподібного палива</u></b></p>

	Тепломасообмін в процесах запалення і горіння горючих сумішей. Вплив температури і надлишку повітря на склад продуктів згорання в топкових процесах. Турбулентність і масообмін при горінні газоподібного палива. <b>3. Кінетика і тепломасообмін при горінні рідкого палива</b> Тепломасообмін в процесах горіння рідкого палива. Особливості горіння рідкого палива. Дифузійне горіння рідкого палива. Визначення коефіцієнта масовіддачі при горінні палива. Дослідні дані по горінню рідкого палива
<b>ПР</b>	Моделювання процесу горіння палива з використанням рівноважної термодинамічної моделі
<b>СР</b>	Аналіз сучасних досліджень теплообміну при спалюванні палива

**\*ПР – практичні роботи; ЛР – лабораторні роботи; СР – самостійна робота студента.**

#### **Методи навчання**

Усні у формі лекцій, із обговоренням їх змісту та дискусіями. Розв'язання дослідницьких задач на основі вивчення окремих кейсів. Самостійна робота у формі підготовки до лекцій, практичних та лабораторних занять, роботи з науковими публікаціями та науково-технічною літературою.

#### **Політика оцінювання**

Підсумковий контроль здійснюється за розкладом заліково-екзаменаційної сесії.

**Види контролю:** підсумковий.

**Модулі 1-4** передбачають проміжні звіти / презентації здобувача про результати виконання освітньої компоненти / звіт здобувача про виконання лабораторних робіт.

**Підсумкова оцінка** визначається на основі результатів усного іспиту за 12-бальною шкалою.

#### **Політика щодо дедлайнів та перескладання**

При отриманні здобувачем за підсумковим контролем (іспитом) оцінки «незадовільно», підсумкова оцінка з дисципліни не виставляється. Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний) та у відповідності до діючого Положення про організацію освітнього процесу в Національній металургійній академії України.

#### **Політика щодо академічної доброчесності**

Списування під час проведення контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та підготовки практичних завдань під час заняття.

#### **Політика щодо відвідування**

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

#### **Специфічні засоби навчання**

Навчальний процес передбачає використання мультимедійного комплексу, комп'ютерних робочих місць, та наступного обладнання: експериментальні установки для дослідження коефіцієнту теплопровідності, теплоємності та теплообміну і електроніч типу СНОЛ–2.2.1,5/12 з комплексом реєструючих та вимірювальних приладів, ваги лабораторні, лабораторний посуд, портативні засоби вимірювання температури та електричних параметрів.

#### **Навчально-методичне забезпечення**

1. Агроскин А. А. Физические свойства угля / А. А. Агроскин. – М. : Государственное научно-техническое издательство литературы по цветной и черной металлургии, 1961. – 309 с.
2. Частухин В. И. Топливо и теория горения: Учебное пособие / В. И. Частухин, В. В. Частухин. – К. : Выща школа. Головное изд-во, 1989. – 223 с.
3. Назаров В.И. Теплотехнические измерения и приборы: Учебное пособие / В.И. Назаров .- Высшэйшая школа, 2017. – 138с.
4. Гордов А. Н. Основы температурных измерений .— М. : Энергоатомиздат, 1992 .- 304с.
5. Евдокимов И.Н. Методы и средства исследований часть 1. Температура: учебное пособие \ И.Н. Евдокимов. - Москва, 2004. – 113 с.
6. Ярышев, Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. 2-е издание/ Н.А. Ярышев .- Ленинград : Энергоатомиздат, 1990 .— 256 с.
7. Тепломассообмен. Экспериментальное исследование характеристик теплообмена: учебное пособие Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова 2015. -32 с.

8. Пономарев С. В. Теоретические и практические аспекты теплофизических измерений. В 2 кн / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, А. Г. Дивин – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Кн. 1. – 206 с.; Кн. 2. – 236 с.
9. Тепло и массообмен. Технический эксперимент: Справочник / под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 560 с.
10. Трусов Б. Г. Метод и алгоритм расчета равновесного состава и свойств многокомпонентных гетерогенных систем / Б. Г. Трусов. – М. : МГТУ, 2002. – 27 с.
11. Синярев Г. Б. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г. Б. Синярев, Н. А. Ватолин, Б. Г. Трусов, Г. К. Моисеев. – М. : Наука, 1982. – 263 с
12. Наукові публікації за предметом дисципліни, які доступні на платформі Science Direct, у базах даних SCOPUS та Web of Science, та ресурсі міжнародної наукової спільноти ResearchGate.