

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра інженерії енергосистем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики, автоматики і
енергозбереження

“_____” Каплун В.В.
_____ 20____ р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри інженерії
енергосистем
протокол № 7 від “27” 05 2025 р.
Завідувач кафедри _____ Антипов Є.О.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП Теплоенергетика
_____ Шеліманова О.В.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ ТЕПЛО- І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ»**

галузь знань 14 – "Електрична інженерія"

спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

освітня програма Теплоенергетика

ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»

розробник: професор, д.т.н., Горобець Валерій Григорович

Опис навчальної дисципліни Дисципліна вивчає основні процеси переносу теплоти і маси у технологічних процесах, в енергетичних пристроях і апаратах. Розглядаються різні механізми переносу теплоти, а саме, теплопровідність, конвективний теплоперенос, перенос випромінюванням, теплообмін при кипінні та конденсації. Наведено основні рівняння, крайові умови та методи розрахунку тепло- і масообмінних процесів. Розглянуто основні процеси переносу в теплоенергетичних пристроях і об'єктах, які використовуються в АПК. В результаті студенти повинні вміти аналізувати процеси, які протікають в різних енергетичних пристроях та проводити їх розрахунок.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	G4.02 Енерговиробництво (Теплоенергетика)	
Освітня програма	Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	300	
Кількість кредитів ECTS	10	
Кількість змістових модулів	4	
Курсовий проект (робота) (за наявності)		
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	Заочна
Курс (рік підготовки)	2-й	
Семестр	3-4-й	
Лекційні заняття	60 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	60 год.	год.
Лабораторні заняття	60 год.	год.
Самостійна робота	120 год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	6 год.	

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета — засвоєння майбутніми інженерами-теплоенергетиками теоретичних основ теорії тепло- і масообмінних процесів, раціонального використання тепло енергоресурсів та захисту навколишнього середовища.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність:

ІК1. Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування

теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні ахові компетентності (СК):

СК1. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

СК4. Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.

СК8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

СК13. Здатність демонструвати розуміння розвитку сфери теплоенергетики та агросектору шляхом переходу від традиційних до відновлювальних джерел енергії.

Програмні результати навчання:

РН-1. Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепломасообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

РН-6. Здатність використовувати набуті знання, зокрема у сфері біотехнологій, на підприємствах сфери теплоенергетики та агросектору для побудови систем енергопостачання об'єктів на їх основі.

2. Програма і структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Основи теорії теплопровідності.												
Тема 1. Основні закони переносу теплоти. Теплопровідність. Закон Фур'є. Диференційне рівняння	40	7	10	8		15						

теплопровідності.												
Тема 2. Розрахунок теплопровідності плоских і циліндричних стінок.	35	8	5	7		15						
Разом за змістовим модулем 1	75	15	15	15		30						
Змістовий модуль 2. <u>Променистий теплообмін і закони теплового випромінювання.</u>												
Тема 3. Променистий теплообмін. Основні поняття і характеристики.	25	5	5	5		10						
Тема 4. Закони теплового випромінювання. Екранування.	25	5	5	5		10						
Тема 5. Випромінювання і поглинання газів і пари. Розрахунок променистого теплообміну між тілами.	25	5	5	5		10						
Разом за змістовим модулем 2	75	15	15	15		30						
Разом за I семестр	150	30	30	30		60						
Змістовий модуль 3. <u>Конвективний теплообмін Теорія подібності.</u>												
Тема 6. Конвективний теплообмін. Гідродинамічний та тепловий приграничний (межовий) шар. Коефіцієнт тепловіддачі.	25	5	5	5		10						
Тема 7. Сутність і методи теорії подібності і теплового моделювання. Ознаки подібності. Основні критерії гідродинамічної і теплової подібності.	25	5	5	5		10						

Тема 8. Критеріальні рівняння для окремих випадків конвективного теплообміну.	25	5	5	5		10						
Разом за змістовим модулем 3	75	15	15	15		30						
Змістовий модуль 4. <u>Теплообмін при кипінні та конденсації. Методи інтенсифікації процесів теплообміну.</u>												
Тема 9. Теплообмін при кипінні та конденсації.	35	7	5	8		15						
Тема 10. Методи інтенсифікації процесів теплообміну.	40	8	10	7		15						
Разом за змістовим модулем 4	75	15	15	15		30						
Разом за II семестр	150	30	30	30		60						
Усього годин	300	60	60	60		120						
Курсовий проект (робота) з <u>основ тепло-і масообмінних процесів</u> (якщо є в робочому навчальному плані)	18	-	-	-		-		-	-	-		-
Усього годин	240	60	30	60		90						

3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
1	Стаціонарна теплопровідність одношарової плоскої стінки в граничних умовах I роду: пряма та зворотна задача.	5
2	Стаціонарна теплопровідність багатошарової стінки в граничних умовах I та II роду	5
3	Нестационарні процеси теплопровідності	5
Модуль 2		
4	Методика розрахунку променистого теплообміну між твердими тілами.	5
5	Теплообмін випромінюванням у поглинальному середовищі	5
Загалом за I семестр		30
Модуль 3		
6	Вільна конвекція в необмеженому просторі	10
7	Вільна конвекція в обмеженому просторі	5

Модуль 4		
8	Тепловіддача при примусовому обтіканні плоскої поверхні	10
9	Тепловіддача при кипінні та конденсації речовин	5
Загалом за II семестр		30

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
	Вступне заняття	2
1	Вимірювання температури за допомогою термопари	3
2	Визначення теплового потоку через плоску стінку	3
3	Визначення коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційних матеріалів	3
4	Визначення коефіцієнту теплопровідності матеріалу методом циліндричного шару	4
5	Визначення коефіцієнта теплопровідності сипучих матеріалів методом кулі	4
Модуль 2		
6	Дослідження закономірностей променистого теплообміну	4
7	Визначення випромінювальної складової тепловіддачі від горизонтальної труби при вільній конвекції	4
8	Підсумкове заняття	3
Модуль 3		
9	Дослідження процесу вільної конвекції біля вертикальної поверхні	6
10	Складання критеріального рівняння тепловіддачі при охолодженні горизонтальної труби в умовах вільної та вимушеної конвекції	6
11	Вивчення метода регулярного теплового режиму	6
Модуль 4		
12	Дослідження локальних коефіцієнтів тепловіддачі при струминному обтіканні поверхні методом аналогії з масообміном	6
13	Визначення коефіцієнта теплопередачі	6

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Стаціонарна теплопровідність багат шарової циліндричної стінки	30
2	Нестаціонарне охолодження пластини (симетрична задача)	30
3	Розрахунок системи екранування від джерел теплового випромінювання	30
4	Тепловіддача та гідравлічний опір при примусовому русі рідини в	30

	трубах	
Разом		120

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- співбесіда;
- тестування;
- захист лабораторних/практичних, розрахункових/графічних робіт, проєктів;
- пірінгове оцінювання, самооцінювання.

7. Методи навчання:

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- кейс-метод;
- метод проєктного навчання;
- метод перевернутого класу, змішаного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму
- метод гейміфікованого навчання.

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Назва		
Лекція 1 (за наявності оцінювання)		-
Лабораторна/практична робота 1.		10
Самостійна робота (за наявності) 1.		5
Лекція 2 (за наявності оцінювання)		-
Лабораторна/практична робота 2.		15
Самостійна робота (за наявності) 2.		10
...		...
Модульна контрольна робота 1.		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Назва		
...		
Модульна контрольна робота 2.		
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 \cdot 0,7 \leq 70$	
Екзамен/залік		30
Всього за курс	(Навчальна робота + екзамен) ≤ 100	
Курсовий проєкт/робота		100

(за наявності)		
----------------	--	--

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	Відмінно
74-89	Добре
60-73	Задовільно
0-59	Незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	<i>НАПРИКЛАД:</i> роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	<i>НАПРИКЛАД:</i> списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	<i>НАПРИКЛАД:</i> відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - *посилання*) **ОБОВ'ЯЗКОВО**;
- посилання на цифрові освітні ресурси;
- 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

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. Баумана.
<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>

11.Методичне забезпечення

Наявність комп'ютерних класів, рекомендована література, методичні вказівки.

12. Рекомендована література

Основна література

1. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2023. ЦП Компрінт, 523 с.
2. Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Київ. «Політехніка». 2003. 42 с.
3. В.А. Маляренко. Енергетика і навколишнє середовище. Харків Видавництво САГА. 2008. 405 с.
4. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
5. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компрінт, 400 с.

Додаткова література

1. 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.
2. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.

12. Інформаційні ресурси

1. . Тепловые насосы в теплоснабжении...
<http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/61396/14-Dolinsky.pdf?sequence=1>
2. Термодинамические основы тепловых насосов
http://window.edu.ru/resource/285/67285/files/Wasjkow_ucheb.pdf
3. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. Курсовое проектирование
https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya_file/ispolzovanie-solnechnoy-energii-v-sistemah-teplosnabzheniya-kursovoe-proektirovanie.pdf
4. Современные технологии энергосбережения
file:///C:/Users/User/Downloads/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F_27.02.2017.PDF