

**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 Інженерія відновлювальних джерел енергії та
енергоменеджмент

_____ Горобець В.Г.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»**

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G4.02 Енерговиробництво (Теплоенергетика)

Освітня програма «Інженерія відновлювальних джерел енергії та
енергоменеджмент»

ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»

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

Опис навчальної дисципліни В дисципліні розглядаються основні принципи математичного моделювання процесів тепло- і масопереносу та гідродинаміки, що відбуваються в теплоенергетичному обладнанні, сільськогосподарських та промислових об'єктах. Розглянуто основні рівняння, які описують такі процеси та методи їх розв'язку для ламінарного і турбулентного режимів течії. Викладені основи чисельного моделювання інтегро-диференціальних рівнянь та комп'ютерного їх обчислення. Наведена інформація про основні пакети прикладних програм ANSYS FLUENT для розрахунку гідродинаміки, теплофізичних процесів, що протікають в об'єктах і теплоенергетичних установках різного призначення. Проводиться освоєння практичних навичок роботи з такими пакетами.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Магістр	
Спеціальність	G4.02 Енерговиробництво (Теплоенергетика)	
Освітня програма	Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	90	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістових модулів	2	
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)	1-й	
Семестр	2-й	
Лекційні заняття	15 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	15 год.	год.
Лабораторні заняття	год.	год.
Самостійна робота	60 год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	2 год.	

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета — засвоєння майбутніми інженерами-теплоенергетиками теоретичних основ наукових досліджень в області теплоенергетики, теплофізики і теплоенергетичних установок.

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. Розуміння та власне осмислення основних світоглядних концепцій і принципів у навчанні і професійній діяльності.

ЗК4. Здатність до критичного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК8. Здатність до аналізу та синтезу науково-технічної, природничо-наукової та загальнонаукової інформації.

Фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

ФК1. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

ФК4. Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.

Програмні результати навчання:

РН-2. Знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика», на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки.

РН-14. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій у сфері теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного терміну денної форми навчання;

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. Основні теоретичні принципи математичного моделювання												
Тема 1. Загальні відомості про математичне моделювання	9	1	1			7						
Тема 2. Теоретичні основи математичного моделювання.	9	1	1			7						
Тема 3. Основні наукові принципи при розробці математичних моделей теплопереносу і гідродинаміки	9	1	1			7						
Тема 4. Основні	9	2	2			5						

принципи і засади чисельного моделювання рівнянь тепло- і масопереносу.												
Тема 5. Розробка математичних моделей процесів гідродинаміки і теплопереносу на основі рівнянь Нав'є-Стокса і енергії.	9	2	2			5						
Разом за змістовим модулем 1	45	7	7			31						
Змістовий модуль 2. Чисельне моделювання процесів гідродинаміки і теплопереносу в теплоенергетичних пристроях.												
Тема 6. Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь.	9	1	1			7						
Тема 7. Чисельне моделювання рівнянь Нав'є-Стокса і енергії.	9	1	1			7						
Тема 8. Основні моделі турбулентності в рівняннях гідродинаміки..	9	1	1			7						
Тема 9. Обробка результатів чисельного моделювання.	9	2	2			5						
Тема 10. Аналіз результатів, отриманих при чисельному моделюванні.	9	2	2			5						
Разом за змістовим модулем 2	45	7	7			31						
Змістовий модуль 3. Використання пакетів прикладних програм для моделювання процесів гідродинаміки і переносу												
Тема 11. Пакет прикладних програм ANSYS FLUENT	9	1	1			7						
Тема 12. Пакет прикладних програм COMSOL.	9	1	1			7						
Тема 13. Основні принципи оптимізації конструкцій теплообмінного обладнання на основі результатів чисельного моделювання.	9	2	2			5						

Тема 14. Планування експериментальних досліджень на основі результатів чисельного моделювання.	9	2	2			5						
Тема 15. Розробка конструкцій теплообмінного обладнання з використанням програм Autocad, .SolidWorks, КОМПАС 3D.	9	2	2			5						
Разом за змістовим модулем 3	45	8	8			29						
Усього годин	90	15	15			60						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Знайомство з ANSYS Fluent	2
2	Потік рідини у випускному колекторі	4
3	Потік рідини та теплообмін у змішувальному коліні	4
4	Моделювання відцентрового насоса	4
5	Моделювання та аналіз півтораступеневої турбіни	4
6	Моделювання взаємодії рядів лопатей турбіни у стаціонарному та нестаціонарному режимах	4
7	Моделювання одноступеневої осьової турбіни у нестаціонарному режимі із використанням ковзаючої сітки	2
8	Моделювання горіння газів в турбулентній дифузійній печі	4
Разом		28

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

Разом	.	

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Що вивчає дисципліна моделювання процесів переносу і гідродинаміки і її значення при розробці теплових машин і енергетичних пристроїв.
2. Основні теоретичні принципи математичного моделювання, що вивчаються в дисципліні.
3. Що є предметом математичного моделювання і її значення при розробці нових конструкцій теплоенергетичних установок і систем.
4. Області застосування методів математичного моделювання в енергетиці, промисловості, АПК.
5. Що вивчається в дисципліні «Моделювання процесів переносу і гідродинаміки»?
6. Основні розділи дисципліни «Моделювання процесів переносу і гідродинаміки» і області їх застосування.
7. Що таке чисельні дослідження процесів переносу, області їх використання.
8. Які основні підходи при математичному моделюванні нових теплоенергетичних установок великої, середньої і малої потужності?
9. Що таке пакет прикладних програм, його склад і призначення.
10. Використання математичного моделювання при розробці вдосконалених систем опалення і гарячого водопостачання.
11. Використання методів математичного моделювання в наукових дослідженнях при розробці поновлювальних джерел теплової і електричної енергії.
12. Що вивчає дисципліна основи наукових досліджень і її значення при розробці нових теплових машин і енергетичних пристроїв.
13. Основні вимірювальні пристрої, що використовуються в експериментальних дослідженнях.
14. Основні рівняння гідроаеродинаміки і теплопереносу та їх використання при вивченні принципів функціонування нових теплоенергетичних установок і систем.
15. Області застосування методів чисельних і експериментальних досліджень в енергетиці, промисловості і АПК.

16. Основні пакети прикладних програм, які використовуються при чисельному моделюванні процесів тепло- і масопереносу.
17. Основні розділи дисципліни «Моделювання процесів переносу і гідродинаміки» і області їх застосування.
18. Основні принципи обробки чисельних результатів моделювання.
19. Використання чисельного моделювання в наукових дослідженнях при розробці теплоенергетичних установок в комунальній енергетиці.
20. Основні напрямки наукових досліджень в теплоенергетиці.
21. Основні методи розв'язку диференціальних рівнянь.
22. Значення чисельного моделювання процесів гідродинаміки і теплопереносу в наукових дослідженнях.
23. Основні напрямки наукових досліджень на кафедрі теплоенергетики.
25. Використання результатів чисельного моделювання для експериментальних досліджень.
26. Що таке пакет прикладних програм ANSYS FLUENT?
27. Що таке пакет прикладних програм COMSOL?
28. Пакети програм конструкторських розробок Autocad, SolidWorks, KOMPAS 3D.
29. Методи оптимізації теплоенергетичного обладнання на базі результатів чисельного моделювання.
30. Використання методів математичного моделювання для наукових досліджень кафедри теплоенергетики.

5. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

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

6. 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.
-

7. 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 проект/робота (за наявності)		100

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

8. 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).

9. 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. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2018. ЦП Компринт, 393 с.
2. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
3. Алабовский А. Н., Константинов С. М., Недужий И. А. Теплотехника. – К.: Вища шк., 1986. – 256 с.
4. Арнольд Л. В., Михайловский Г. А., Селивестров В. М. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1979. – 445 с.
5. Теплотехніка / О. Ф. Буляндра, Б. Х. Драганов, В. Г. Федорів та ін. – К.: Вища шк., 1998. – 333 с.
6. Драганов Б. Х., Кузнецов А. В., Рудобашта С. П. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
7. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1975. – 496 с.
8. Теплотехника / Под ред. А. П. Баскакова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 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.

10. 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>