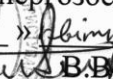



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра теплоенергетики

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО:**

на засіданні вченої ради ННІ  
енергетики, автоматики і енергозбереження  
протокол № 3 від «21» лютого 2023 р.  
Директор ННІ  В.В. Каплун

на засіданні кафедри  
теплоенергетики  
протокол № 2 від «07» березня 2023 р.  
В.о. завідувача кафедри  
 С.О. Антипов

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Системи виробництва електричної та теплової енергії»**  
(назва навчальної дисципліни)

галузь знань - 14 «Електрична інженерія»  
(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність - 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва спеціальності)

рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий рівень)

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: Горобець Валерій Григорович, професор кафедри теплоенергетики, д.т.н., професор  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Київ – 2023 р.

**1. Опис навчальної дисципліни**  
**«Системи виробництва електричної та теплової енергії»**  
(назва)

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітній рівень</b>		
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»	
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	Залік	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	1
Семестр	2	2
Лекційні заняття	20 год.	20 год.
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	20 год.	20 год.
Самостійна робота	50 год.	50 год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5 год.	-

**2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Метою вивчення дисципліни є формування у здобувачів професійних знань по удосконаленню енергетичних установок і систем по виробництву електричної і теплової енергії та впровадження нових технологій на базі поновлювальних джерел енергії.

Опанування цієї дисципліни дає майбутнім спеціалістам можливість удосконалити існуючі енергетичні установки і системи, підвищити їх енергоефективність та зменшити забруднення навколишнього середовища.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у аспірантів компетентностей (та їх складових):

**загальних:**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

**фахових:**

ФК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в електричній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електричної інженерії та суміжних галузей.

ФК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

ФК03. Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

ФК04. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

ФК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі електричної інженерії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

ФК07. Здатність ініціювати, розробляти і реалізувати комплексні інноваційні проекти в електричній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

ФК09. Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

**У результаті вивчення дисципліни аспірант повинен досягнути наступних програмних результатів навчання:**

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі

навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

PH02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми електричної інженерії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

PH03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

PH04. 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 електричній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електричної інженерії 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.

PH06. 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.

PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми електричної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усь ого	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	ла б	ін д	с.р.		л	п	Ла б	ін д	с.р. .
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1.</b> Загальні відомості про системи виробництва електричної та теплової енергій. Сучасний стан і перспективи розвитку енергетики в Україні. Теоретичні основи теорії горіння. ТЕС і ТЕЦ на базі газових та парових турбін. Когенераційні установки. Паливні ресурси.												
<b>Тема 1.</b> Основні відомості. Сучасний стан і перспективи розвитку енергетики в Україні. Енергетичні ресурси. Принцип роботи ТЕС і ТЕЦ.	15	2		3		10	15					
<b>Тема 2.</b> Газові турбіни. Парові турбіни. Двигуни внутрішнього згорання. Паросилові установки. Когенераційні установки.	15	2		3		10	15					
<b>Тема 3.</b> Паливо, тверде, рідке та газоподібне паливо. Кінетичні та фізичні основи процесу горіння палива.	15	2		3		10	15					
<b>Тема 4.</b> Горіння твердого палива, Горіння рідкого палива. Горіння газоподібного палива. Розрахунок процесів горіння	15	2		3		10	15					
<b>Тема 5.</b> Топки, основні конструкції та принцип роботи топочних пристроїв. Форсунки на твердому, рідкому та газоподібному паливі.	15	2		3		10	15					
<b>Разом за розділом 1</b>	75	10		15		50	75					

<b>Розділ 2.</b> Парові та водогрійні котли. Компресори, теплонагрівачі, водонагрівачі, калориферні установки. Екологічні показники оточуючого середовища при використанні теплоенергетичних установок. Теплонасосні та сонячні установки.											
<b>Тема 1.</b> Котельні установки. Парові котли. Водогрійні котли. Компресори, водонагрівачі, калориферні установки.	15	2		3		10	15				
<b>Тема 2.</b> Теплові та енергетичні характеристики котлів. Допоміжне обладнання котельних установок.	15	2		3		10	15				
<b>Тема 3.</b> Екологічні показники теплоенергетичних установок. Парокомпресійні та абсорбційні теплові насоси.	15	2		3		10	15				
<b>Тема 4.</b> Біогазові установки. Сонячні колектори і батареї. Геотермальні установки. Теплові акумулятори Сонячні електростанції.	15	2		3		10	15				
<b>Тема 5.</b> Вентиляційні системи. Методи розрахунку вентиляції при проектування житлових і громадських будівель, ферм ВРХ, свино- та птахоферм. Системи підтримання мікроклімату в приміщеннях різного призначення. Енергозберігаючі будинки.	15	2		3		10	15				
<b>Разом за розділом 2</b>	75	10		15		50	75				
<b>Усього годин</b>	150	20		30		100	150				

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення ресурсного балансу наявного палива в Україні. Склад і характеристика твердого, рідкого та газоподібного палива.	6
2	Визначення характеристик згорання твердого, рідкого і газоподібного палива. Розрахунок процесів горіння. Склад і об'єм продуктів згорання.	6
3.	Схеми паросилових та когенераційних установок. Тепловий і гідравлічний розрахунок когенераційних установок	6
4	Визначення теплового та ексергетичного балансу котла. Тепловий і гідравлічний розрахунок котла та його елементів.	6
5	Схеми опалення з тепловими насосами та сонячними колекторами. Розрахунок теплового насоса. Розрахунок сонячного колектора.	6
<b>Разом по лабораторним роботам</b>		<b>30</b>

#### 5. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань здобувачами.

1. Як називається речовина, при згорянні якої виділяється теплота, яка достатня для перетворення в інші види енергії?
2. Які бувають види палива?
4. Що таке робоча, суха і горюча маси палива?
5. Що таке робоча волога, аналітична волога і зольність палива?
6. Який продукт свідчить про повне згорання палива?
7. Що таке нижча теплота згорання палива?
8. Що таке вища теплота згорання палива?
9. Що таке паливний еквівалент?
10. Як визначається вища теплота згорання палива?
11. Заданий склад робочої маси палива: Як визначається питома вага вуглецю у його абсолютно-сухій масі?
12. Заданий склад робочої маси палива: Чому дорівнює вміст вологи у його абсолютно-сухій масі?
13. Заданий склад робочої маси палива: Чому дорівнює вміст золи у його горючій масі?
14. За яким термодинамічним циклом відбувається робота газотурбінної установки?
15. За яким термодинамічним циклом відбувається робота холодильної установки?
16. За яким термодинамічним циклом відбувається робота двигунів внутрішнього згорання із свічкою запалювання і дизельного двигуна?
17. Розказати про термодинамічні основи роботи теплового насоса.
18. Що таке простий конденсаційний цикл або цикл Ренкіна?
19. Що таке теплофікаційний цикл?

20. Що таке парогазовий цикл?
21. Розказати про регенеративний термодинамічний цикл газотурбінної установки.
22. Як відбувається утилізація теплоти в когенераційній установці з ДВЗ?
23. Як відбувається утилізація теплоти в когенераційній установці з ГТУ?
24. Методи теплового розрахунку рекуперативного теплообмінника?
25. Методи гідравлічного розрахунку рекуперативного теплообмінника?
26. Методи інтенсифікації процесів теплообміну на поверхні теплообмінника?
27. Які типи оребрення використовуються на поверхні теплообмінника?
28. Які типи інтенсифікаторів використовуються для інтенсифікації процесів теплообміну на поверхні теплообмінника?
29. Що таке деаераційна установка в котельній установці?
30. Які види палива використовуються в котельній установці?
31. Які основні компоненти в продуктах згорання котельної установки?
32. Способи, які використовуються в системі водопідготовки для котельної установки?
33. Що таке економайзер в котельній установці?
34. Що таке пароперегрівач в котельній установці?
35. Основні методи очистки продуктів згорання в котельних установках теплових електростанцій.
36. Дві складові гідравлічних втрат при гідравлічному розрахунку рекуперативного теплообмінника?
37. Які методи використовують при водопідготовці в котельній установці?
38. Принцип роботи скруббера в котельній установці?
39. Основні типи геліоколекторів?
40. Типи котельних установок та їх призначення?
41. Склад котельного агрегату?
42. До допоміжного устаткування котельної належать наступні пристрої?
43. Принцип роботи парового котла.
44. Що відноситься до хвостових поверхонь нагріву котельної установки?
45. Як визначити середньоарифметичний та середньологарифмічний температурний напір пароперегрівника конвективного типу?
46. Як визначити коефіцієнт теплопередачі теплообмінника?
47. Принцип роботи когенераційної установки.
48. Що таке рекуперативний теплообмінник?
49. Що таке регенеративний теплообмінник?
50. Що таке теплообмінник змішувального типу?
51. Які бувають типи парових котлів?



52. Який ККД теплового насосу?
53. Температурний діапазон ґрунтового теплового насосу?
54. Принцип роботи біогазової установки?
55. В якому інтервалі температур: відбуваються мікробіологічні процеси виробництва метану в біогазовій установці?
56. З якою метою використовується оребрення стінок в теплообміннику?
57. Типи топок, які використовуються для спалювання твердого палива.
58. Які типи котлів використовуються для нагрівання води.
59. Принцип роботи, основні типи та ККД теплових електростанцій.
60. Когенераційні установки великої, середньої та малої потужності на базі ГТУ та ДВЗ, принципи їх роботи.
61. Принцип роботи компресійних та абсорбційних теплових насосів. Основні типи та конструкції компресійних теплових насосів.
62. Сонячні колектори та принцип їх роботи. Основні типи геліоколекторів.
63. Наукові засади, принцип роботи та основні складові біогазових установок.
64. Котельні установки, основні складові та принцип їх роботи. Типи котельних установок.
65. Основні положення та методи розрахунку енергозберігаючих будівель. Альтернативні джерела та системи енергопостачання енергозберігаючих будівель.
66. Акумулявання теплової енергії. Основні типи теплових акумуляторів та принципи їх роботи.
67. Що таке індивідуальний тепловий пункт та принцип його роботи?
68. Теплові мережі. Сучасні конструкції теплових мереж.
69. Котли конденсаційного типу. Принцип їх роботи.
70. Когенераційні установки на базі паливних елементів. Фізичні основи роботи паливних елементів.
71. Принцип роботи теплових електростанцій на геотермальній енергії.
72. Принцип роботи сонячних батарей.
73. Сонячні теплові електростанції, їх типи та принцип роботи.

## **6. Методи навчання**

Під час вивчення дисципліни використовуються нормативні документи, наочне обладнання, комп'ютерні програми з відповідним програмним забезпеченням, наочні стенди, каталоги нормативних документів, Закони України тощо.

## **7. Форми контролю**

1. Усний і письмовий поточний контроль знань.

2.Формою самостійної роботи здобувача є вивчення спеціальної літератури та виконання індивідуальних завдань.

3. Залік.

## **8. Методичне забезпечення**

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти, навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи здобувачів.

## **9. Рекомендована література**

### **Основна література**

1. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. К.: - КП «Компринт». 2019.- 401 с.
2. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. К.: - КП «Компринт». 2014.- 389 с.
3. Драганов Б.Х., Бесараб О.С., Долінський А.А. та інш. (за ред.. Б.Х. Драганова). Теплотехніка. – Київ. – Фірма «ІНКОС». 2004. – 400 с.
4. Горобець В.Г., Феофілов І.В. Когенераційні установки та їх використання в агропромисловому комплексі. – К.: ЦП «Компринт». – 2012. – 295 с.
5. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. – К.: ЦП «Компринт». – 2018. – 393 с.

### **Додаткова література**

1. Клименко В.Н., Мазур А.И., Сабашук П.П. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие. Часть 1. – Киев: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 559с.

## **10. Інформаційні ресурси**

1. <https://www.e-reading.club/book.php?book=129707>
2. <https://tech.wikireading.ru/13777>
3. <https://www.ngpedia.ru/id549649p1.html>
4. [https://revolution.allbest.ru/physics/00332726\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/physics/00332726_0.html)

5. <https://iknigi.net/avtor-kollektiv-avtorov/19967-teploenergeticheskie-ustanovki-sbornik-normativnyh-dokumentov-kollektiv-avtorov.html>
6. [https://bookz.ru/authors/kollektiv-avtorov/teploene\\_300.html](https://bookz.ru/authors/kollektiv-avtorov/teploene_300.html)
7. <https://studfiles.net/preview/3289604/page:12/>
8. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-1/1-1>
9. <https://www.derevo.info/content/detail/4923>
10. [https://www.moyo.ua/tovary\\_dlya\\_doma/alternativnay](https://www.moyo.ua/tovary_dlya_doma/alternativnay)