

до наказу від 23.03.2023 р. № 244

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра «Теплоенергетики»



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

(Каплун В.В.)

“ ” 2023 р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри теплоенергетики
протокол № 5 від “14” червня 2023 р.

В. о. завідувача кафедри

(Антипов Є.О.)

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП 144 Теплоенергетика

(Горобець В.Г.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛО- І ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ОБ’ЄКТІВ АПК»**

спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

освітня програма «освітньо-професійна»

ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»

розробник: доцент, к.т.н., доцент Троханяк Віктор Іванович

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Проектування систем тепло- і електропостачання об'єктів АПК (назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь	
Освітній ступінь	«Бакалавр»
Спеціальність	144 – «Теплоенергетика»
Освітня програма	освітньо-професійна
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Вибіркова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4,0
Кількість змістових модулів	2,0
Форма контролю	<i>Екзамен</i>
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання	
	денна форма навчання
Рік підготовки (курс)	4-й
Семестр	8-й
Лекційні заняття	20 год.
Практичні, семінарські заняття	-
Лабораторні заняття	22 год.
Самостійна робота	78 год.
Індивідуальні завдання	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	3 год.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

1. Мета і задачі дисципліни, її місце в учбовому процесі.

1.1. Мета навчальної дисципліни – здобуття майбутніми інженерами-енергетиками теоретичних знань і практичних навичок проектування систем централізованого теплопостачання, а також систем теплопостачання з використанням нетрадиційних джерел енергії в сільському господарстві.

1.2. Завдання дисципліни – підготовка студентів до самостійної роботи, прийняття кваліфікованих інженерних рішень щодо проектування систем теплопостачання.

1.3. Вимоги до знань та умінь, набутих у процесі вивчення дисципліни.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**:

- види теплових навантажень, задачі та види регулювання систем теплопостачання, задачі гідравлічного розрахунку;
- нормативні документи з проектування систем теплопостачання, підбору обладнання генераторів теплоти від нетрадиційних джерел енергії.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні **уміти**:

- вирішувати практичні завдання проектування систем теплопостачання, в тому числі систем теплопостачання, що працюють від нетрадиційних джерел енергії;
- приймати відповідні заходи при підборі обладнання теплових пунктів та об'єктів нетрадиційних джерел енергії;
- вирішувати питання організації ремонтних робіт обладнання систем теплопостачання;
- правильно оформляти документацію про монтаж, приймання в експлуатацію та ремонт устаткування систем теплопостачання;
- кваліфіковано враховувати вимоги екології та раціонального природокористування в умовах експлуатації та при проектуванні систем теплопостачання.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК):

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.

Фахові компетентності (ФК):

ФК3. Здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання.

ФК7. Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

ФК9. Здатність розробляти плани і проєкти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання.

Програмні результати навчання (ПРН):

РН-5. Здатність розуміти складні інженерні процеси, системи, обладнання і технології, відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати такого аналізу та досліджень.

РН-8. Здатність розробляти і проєктувати складні технічні вироби у сфері теплоенергетики, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проєктування.

РН-15. Розуміння застосовуваних методик проєктування і дослідження для побудови систем енергозабезпечення об'єктів сфери теплоенергетики та агросектору.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Проектування систем теплопостачання, що працюють від традиційних джерел енергії.

Тема лекційного заняття 1. ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

Види теплових навантажень. Розрахунок теплових навантажень на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Розрахунок теплових навантажень на технологію. Річні витрати теплоти житловими та громадськими будівлями для житлових районів міста та інших населених пунктів. Сумарні теплові навантаження.

Тема лекційного заняття 2. РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

Задачі і види регулювання. Якісне регулювання. Кількісне регулювання. Якісно-кількісне регулювання. Регулювання перепустками.

Тема лекційного заняття 3. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.

Основні задачі і розрахункові залежності. Визначення витрат теплоносія. Попередній гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж. Уточнюючий або кінцевий розрахунок водяних теплових мереж.

Тема лекційного заняття 4. ПОБУДОВА П'ЄЗОМЕТРИЧНИХ ГРАФІКІВ ТА СХЕМИ ПРИЄДНАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ДО ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ.

П'єзометричні графіки та вимоги до гідравлічного режиму теплових мереж. Вибір схем приєднання систем опалення будівель при складному рельєфі місцевості. Вибір насосів.

Тема лекційного заняття 5. ГІДРАВЛІЧНІ РЕЖИМИ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.

Характеристика гідравлічного режиму водяної теплової мережі. Розрахунок гідравлічного режиму. Змінні гідравлічні режими закритих систем тепlopостачання. Гідравлічна стійкість. Розрахунок поточкорозподілу в теплових мережах. Насосні підстанції в водяних теплових мережах.

Тема лекційного заняття 6. ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.

Призначення теплової ізоляції та вимоги до матеріалів. Конструкції теплової ізоляції. Термічний опір ізоляції трубопроводів теплових мереж. Тепловий розрахунок при надземному прокладанні теплових мереж. Тепловий розрахунок при підземному прокладанні теплових мереж у непрохідних каналах. Тепловий розрахунок при безканальному прокладанні теплових мереж. Розрахунок зменшення температури теплоносія по довжині трубопроводу теплової мережі та кількості конденсату, що випадає при транспортуванні насиченої пари. Визначення товщини теплової ізоляції. Критичний діаметр теплоізоляції.

Змістовний модуль 2. Проектування систем тепlopостачання з застосуванням нетрадиційних джерел енергії.

Тема лекційного заняття 7. ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ.

Корисна енергія Сонця. Переобладнання будинків при застосуванні сонячних колекторів. Проектування геліополя. Монтаж геліополя. Трубопроводи і арматура для підключення колекторних панелей. Підключення колекторних панелей з різною орієнтацією. Технічні дані для проектування. Установка для приготування гарячої води – смісний водонагрівач і геліоколектор. Установка для підтримки системи опалення приміщень. Насосна станція Solar-Divicon - для забезпечення гідравлічних функцій і теплового захисту. Автоматика управління.

Тема лекційного заняття 8. ПРОЕКТУВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.

Загальні відомості та будова. Вибір місця розташування і розрахункових параметрів установки. Розрахунок вітроподвижних установок. Схеми підключення вітроустановок до споживачів. Система електропостачання від вітрогенераторів та фотоелектричних колекторів.

Тема лекційного заняття 9. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.

Загальні відомості та будова. Принцип роботи і енергетична ефективність парокомпресійних теплонасосних установок. Процес проектування теплонасосної установки. Вибір теплового насоса. Вибір джерела тепла. Дія ґрунтового зонда. Розрахунок теплового насосу «розсіл-вода» з ґрунтовими зондами. Дія ґрунтового колектора. Розрахунок теплового насосу «розсіл-вода» з ґрунтовими колекторами. Дія компактного колектора. Проектування компактного колектора.

Тема лекційного заняття 10. ЗАСТОСУВАННЯ БІОМАСИ В ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ.

Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Вирощування енергетичних культур в Україні. Характеристика біомаси як палива: переваги та недоліки. Особливості енергетичного використання біомаси. Паливні характеристики

біомаси. Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Основи технічних рішень із будівництва та реконструкції котелень на біомасі. Котельні на біомасі.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						
	денна форма						
	тижні	усього	у тому числі				
л			п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Змістовий модуль 1. «Проектування систем теплопостачання, що працюють від традиційних джерел енергії»							
Тема 1. Теплові навантаження систем теплопостачання.	1-2	4	2	2			
Тема 2. Регулювання систем теплопостачання.	3-4	4	2	2			
Тема 3. Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплових мереж.	5-6	24	2	2			20
Тема 4. Побудова п'єзометричних графіків та схеми приєднання систем опалення до теплової мережі.	7-8	4	2	2			
Тема 5. Гідравлічні режими теплових мереж.	9	4	2	2			
Тема 6. Теплова ізоляція та тепловий розрахунок теплових мереж.	10	24	2	2			20
Разом за змістовим модулем 1		64	12	12			40
Змістовий модуль 2. «Проектування систем теплопостачання з застосуванням нетрадиційних джерел енергії»							
Тема 7. Проектування сонячних колекторів.	11	24	2	2			20
Тема 8. Проектування вітроенергетичних установок.	12	23	2	3			18
Тема 9. Проектування теплових насосів.	13	5	2	3			
Тема 10. Застосування біомаси в твердопаливних котлах.	14-15	4	2	2			
Разом за змістовим модулем 2		56	8	10			38
Усього годин		120	20	22			78

4. Теми семінарських занять

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

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок максимального теплового потоку на гаряче	2

	водопостачання.	
2	Визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.	2
3	Побудова графіку температур води в подавальному та зворотньому трубопроводах.	2
4	Вибір мережних і живильних насосів для системи тепlopостачання.	2
5	Визначення витрати води водяної теплової мережі.	2
6	Визначення економічної товщини теплової ізоляції трубопроводу.	2
7	Визначення необхідної площі геопоя.	2
8	Розрахунок потужності вітрового колеса.	2
9	Підбір теплового насосу та визначення довжини ґрунтових зондів.	2
10	Розрахунок біореактора свинарника.	2
	Разом	20

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення коефіцієнта корисної дії теплової ізоляції трубопроводу	18
2	Визначення тепловтрат для відкрито прокладеної ділянки трубопроводу	18
3	Підбір теплового насосу та визначення довжини ґрунтових зондів	18
4	Розрахунок потужності вітрового колеса	18
	Разом	72

8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Які особливості мають сезонні споживачі теплоти?
2. Як виглядає добовий графік споживання теплоти на гаряче водопостачання житлового району?

3. Як визначити теплові навантаження житлових, громадських та виробничих будівель на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання?
4. Як визначити теплові навантаження житлових районів міст за укрупненими показниками?
5. Як визначити теплове навантаження на технологічні потреби?
6. Як визначити річні витрати теплоти?
7. Поясніть задачі та методи регулювання теплових навантажень.
8. Охарактеризуйте особливості якісного, кількісного та якісно-кількісного регулювання водяних систем теплопостачання.
9. Охарактеризуйте комбіноване регулювання теплового режиму при різнорідному навантаженні у водяних системах теплопостачання.
10. Поясніть сумарні графіки витрат води в закритих та відкритих системах теплопостачання.
11. Назвіть основні задачі гідравлічного розрахунку теплових мереж.
12. Напишіть основну формулу втрат тиску на тертя по довжині трубопроводу.
13. Як визначають втрати тиску в місцевих опорах?
14. В якій послідовності виконують гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж?
15. Поясніть призначення та методику побудови п'єзометричного графіка двотрубною водяною тепловою мережі.
16. Як впливають умови п'єзометричного графіка на вибір схем приєднання споживачів теплоти?
17. Як підібрати живильні та мережні насоси?
18. Поясніть різницю між живильними та мережними насосами.
19. За якими вихідними даними будується характеристика теплової мережі?
20. За якими правилами визначається характеристика складної теплової мережі?
21. Що розуміють під гідравлічною стійкістю водяної теплової мережі?
22. Опишіть незалежну схему приєднання систем опалення до теплової мережі.
23. Поясніть залежну схему приєднання систем опалення до теплової мережі.
24. Особливості залежної схеми приєднання систем опалення будівель зі змішувальним насосом на перемичці.
25. Особливості схеми двотрубною тепловою мережі при складному рельєфі місцевості.
26. За якими законами розраховують потокорозподілення в теплових мережах?
27. З якою метою використовують насосні та дросельні підстанції в водяних теплових мережах?
28. Особливості побудови п'єзометричного графіка з насосною підстанцією на зворотному трубопроводі.
29. Особливості побудови п'єзометричного графіка з дросельною підстанцією.
30. Як оцінити ефективність теплової ізоляції?
31. Як визначити термічний опір теплової ізоляції трубопроводів теплових мереж

32. Конструктивні особливості теплової ізоляції
33. Як визначити теплові втрати двотрубною тепловою мережею при прокладанні в непрохідному каналі?
34. Те ж при підземному безканальному прокладанні попередньоізольованих трубопроводів теплової мережі.
35. Як визначити товщину теплової ізоляції?
36. Поясніть поняття “критичний діаметр теплової ізоляції”.
37. Поясніть будову вітрогенератора.
38. Основні вимоги до розташування вітрогенераторів.
39. Особливості розрахунку вітродвижунних установок.
40. Визначення потужності вітросилової установки.
41. Визначення коефіцієнта використання встановленої потужності вітродвигуна.
42. Опишіть основні схеми підключення вітроустановок до споживачів.
43. Поясніть схему роботи вітроустановки.
44. Опишіть варіанти розташування сонячних колекторів.
45. Поясніть схеми підключення одноконтурних геліополей.
46. Опишіть схеми підключення багатоконтурних геліополей.
47. Особливості монтажу геліополя.
48. Поясніть особливості підключення сонячних панелей з різною орієнтацією.
49. Що визначає оптичний коефіцієнт корисної дії геліоколектора?
50. Основні функції насосної станції Solar-Divicon.
51. Основні конструктивні елементи теплового насоса.
52. Опишіть принцип роботи і енергетичну ефективність парокompресійних теплонасосних установок
53. Опишіть процес проектування тепло насосної установки.
54. Основні критерії вибору джерела теплового насосу.
55. Особливості розрахунку теплового насосу «розсіл-вода» з ґрунтовими зондами.
56. Особливості розрахунку теплового насосу «розсіл-вода» з ґрунтовими колекторами.
57. Вирощування яких культур переважає в Україні?
58. Характеристика біомаси як палива: переваги та недоліки.
59. Основні технічні рішення з будівництва та реконструкції котелень на біомасі.
60. Опишіть принципові схеми технологій спалювання біомаси.

9. Методи навчання

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності студентів, які використовуються при вивченні дисципліни:

1. В аспекті передачі і сприйняття навчальної інформації:
 - словесні (лекція);
 - наочні (ілюстрація, демонстрація).

2. В аспекті логічності та мислення:
 - пояснювально-ілюстративні (презентація);
 - репродуктивні (короткі тестові завдання).
3. В аспекті керування навчанням:
 - навчальна робота під керівництвом викладача;
 - самостійна робота під керівництвом викладача.
4. В аспекті діяльності в колективі:
 - методи стимулювання (додаткові бали за реферати, статті, тези).
5. В аспекті самостійної діяльності:
 - навчальний модуль: структурно-логічні схеми; вибіркові тести.

10. Форми контролю

Основними формами організації навчання під час вивчення дисципліни «Проектування систем тепlopостачання» є лекції, з використанням мультимедійних засобів навчання, лабораторні заняття, доповідей на щорічні студентські конференції, консультації, самостійна робота студентів.

Відповідно до вище зазначених форм організації навчання формами контролю засвоєння програми є: самоконтроль, здача модульних тестів на elearn та здача іспиту за період вивчення дисципліни.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 03.03.2021 р. протокол № 7)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів):

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$$

12. Методичне забезпечення

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

13. Рекомендована література

Основна

1. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. - Київ: Мінрегіонбуд України, - 2009. – 56 с.
2. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. В 2ч. Ч.1. : Отопление и теплоснабжение/ Под ред. Щекина Р.В. 4-е изд. –К.:Будівельник, 1976. – 416с.
3. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди»). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
4. Книга о «Солнце». Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения. – Киев: ООО «Виссманн». – 2010. - №6. – 194 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 . Будівельна кліматологія – К.: Мінбуд України, 2011. – 127 с.
6. Основи енергозбереження: Учеб. посібник / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, О.М. Ковальов. 2-е вид., Стереотип. - Мн.: БГЕУ, 2002. - 198 с.
7. ДСТУ 3569–97. Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення. – 8с.
8. Тепловые насосные установки Viessmann Vitocal 300/350. Инструкция по проектированию. - №4. – 2007. – 96 с.
9. Основи енергозбереження: Учеб. посібник / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, О.М. Ковальов. 2-е вид., Стереотип. - Мн.: БГЕУ, 2002. - 198 с.
10. В. С. Самохвалов. Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження. Навч. посібник. – К.: Вид-во "Центр учбової літератури". – 2008. – 178с.

Допоміжна

1. Деркач І.Л. Міські інженерні мережі: навч. Посібник / І. Л. Деркач. – Харків: ХНАМГ, 2006.– 97 с.
2. Пешехонов Н.И. Проектирование теплоснабжения. –Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. –328 с.
3. Рекомендації з проектування теплових мереж з попередньо-теплогідрозольованих труб. Видав. ВАТ “Енергоресурс”. – Львів, 2001 р.
4. Й. С. Мисак. Сонячна енергетика: теорія та практика: Монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. - 340 с.
5. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» // Відомості Верховної Ради України (ВВР). - 2003. - N24. - С.155.
6. Гітельман Л.Д., Ратніков Б. Є. Енергетичний бізнес. - М.: Справа, 2006. - 600с.

Інформаційні ресурси

1. Проекти теплових мереж. Приклади.
<https://chertezhi.ru/modules/ukrfiles/showfile.php?lid=8077>
2. Як працює індивідуальний тепловий пункт.
<https://termoprom.com.ua/uk/information/articles/kak-rabotaet-individualnyj-teplovoj-punkt.php>

3. Інженерне проектування. <https://skb25.com.ua/services/inzhenernoe-proektirovanie/>
4. Особливості проектування систем опалення з тепловими насосами. <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierne-proektu/teplovie-nasosi/osobennosti-proektirovaniya-otopleniya.html>
5. Проектування теплових насосів. Проектування сонячних колекторів. <http://ecoinvestua.com/ua/poslugi/proektuvannya/teplov%D1%96-nasosi-sonyachn%D1%96-kolektori>
6. Біогазові установки та проектування агрокомплексів. <https://envitec.com.ua/ua/news/336-skachat-prezentatsiyu>