

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра теплоенергетики

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

(В.В. Каплун)

2023 р.



**«СХВАЛЕНО»**

на засіданні кафедри теплоенергетики  
Протокол № 5 від «14» червня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри

(Є.О. Антипов)

**«РОЗГЛЯНУТО»**

Гарант ОП «Теплоенергетика»

(В.Г. Горобець)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ»**

спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

освітня програма «Теплоенергетика»

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Кафедра «Теплоенергетики»

Розробник: доцент, к.т.н., доцент Антипов Євген Олексійович

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Теплові мережі

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»	
Освітня програма	Теплоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4,0	
Кількість змістових модулів	3	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2-й	-
Семестр	4-й	-
Лекційні заняття	30 год.	-
Практичні, семінарські заняття	15 год.	-
Лабораторні заняття	15 год.	-
Самостійна робота	60 год.	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

## 2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – є формування у майбутніх фахівців умінь і знань основ проектування, будівництва та експлуатації теплових мереж та систем на їх основі.

Завдання дисципліни – полягає у засвоєнні студентами принципів побудови і розрахунку теплових мереж та схем джерел теплопостачання, вибору основного і допоміжного обладнання, методів теплового та гідравлічного розрахунку теплових мереж, засобів ефективного використання теплової енергії в мережах теплопостачання.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- нормативну базу та вимоги, які пред'являють до проектування теплових мереж і систем енергозабезпечення об'єктів АПК та комунального сектору на їх основі;
- основні теоретичні відомості щодо класифікації, особливостей побудови та роботи теплових мереж;
- методи теплових та гідравлічних розрахунків теплових мереж та систем теплопостачання на їх основі, приймаючи до уваги вид джерела первинної енергії;
- принципи роботи і конструкції теплоенергетичних пристроїв та установок, які використовуються в ланцюгу «джерело-теплова мережа-споживач»;
- методи регулювання режимів роботи теплових мереж та систем централізованого теплопостачання на їх основі.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **уміти**:

- виконувати теплові та гідравлічні розрахунки, креслення й графічні схеми, що відносяться до основ проектування та побудови теплових мереж та систем теплопостачання на їх основі;
- під час проектування теплових мереж використовувати сучасні спеціалізовані комп'ютерні програми для числового моделювання;
- здійснювати техніко-економічне обґрунтування прийнятих інженерних рішень щодо доцільності застосування тієї чи іншої схеми теплових мереж та системи теплопостачання об'єктів АПК та комунального сектору на їх основі;
- надавати екологічну оцінку ефективності роботи теплових мереж та різних схем систем теплопостачання на їх основі.

### **Набуття компетентностей:**

<i>Інтегральна компетентність</i>	ІК 1	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
<i>Загальні компетентності</i>	ЗК 1	Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні
	ЗК 3	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
	ЗК 4	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
	ЗК 6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
	ЗК 7	Здатність працювати в команді
	ЗК 8	Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово

	ЗК 9	Здатність приймати обґрунтовані рішення
<b>Фахові (спеціальні) компетенності</b>	ФК 1	Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі
	ФК 2	Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем
	ФК 4	Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі
	ФК 5	Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі
	ФК 6	Здатність враховувати знання і розуміння комерційного та економічного контексту при прийнятті рішень в теплоенергетичній галузі
	ФК 7	Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики
	ФК 8	Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі
	ФК 9	Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання
	ФК 10	Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі
	ФК 12	Здатність забезпечувати захист інтелектуальної власності, готувати, оформлювати і виконувати контракти в теплоенергетичній галузі

### ***Програмні результати навчання (ПРН):***

#### **Знання і розуміння**

**ПРН-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.

**ПРН-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.

**ПРН-4.** Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».

### **Інженерний аналіз**

**ПРН-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.

**ПРН-7.** Здатність виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

### **Проектування**

**ПРН-8.** Здатність розробляти і проектувати 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 проектування.

**ПРН-9.** Здатність використовувати певне розуміння передових досягнень при проектуванні об'єктів сфери теплоенергетики.

### **Дослідження**

**ПРН-11.** Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Теплоенергетика»

**ПРН-12.** Здатність застосовувати кодекси практики і правила техніки безпеки для спеціальності «Теплоенергетика»

**ПРН-13.** Лабораторні/технічні навички та вміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

### **Інженерна практика**

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

**ПРН-15.** Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження для побудови систем енергозабезпечення об'єктів сфери теплоенергетики та агросектору.

**ПРН-16.** Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».

**ПРН-17.** Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проєктів і проведення досліджень відповідно.

**ПРН-18.** Розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».

**ПРН-19.** Здатність застосовувати норми інженерної практики відповідно до спеціальності «Теплоенергетика».

### Судження

**ПРН-21.** Здатність збирати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності в межах спеціальності «Теплоенергетика» для донесення суджень, які відбивають відповідні соціальні та етичні проблеми.

**ПРН-22.** Здатність керувати професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проєктами відповідно до спеціальності «Теплоенергетика», беручи на себе відповідальність за прийняття рішень.

### Комунікація та командна робота

**ПРН-23.** Здатність ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом.

**ПРН-24.** Здатність ефективно працювати в національному та міжнародному контексті, як особистість і як член команди, і ефективно співпрацювати з інженерами та не інженерами.

### Навчання протягом життя

**ПРН-25.** Здатність розпізнавати необхідність і самостійно навчатися протягом життя.

**ПРН-26.** Здатність відстежувати сучасні напрямки розвитку науки і техніки.

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного та скороченого термінів денної форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1. Теплові мережі та системи теплопостачання на їх основі. Споживачі теплової енергії. Регулювання режимів роботи теплових мереж														
Тема 1. Стан та перспективи	п	4	2	2										

розвитку теплових мереж і систем на їх основі в Україні та за кордоном													
Тема 2. Класифікація систем теплопостачання та споживачів теплової енергії	н	4	2	2									
Тема 3. Схеми приєднання споживачів до теплових мереж	п	4	2		2								
Тема 4. Арматура теплових мереж. Засоби та схеми прокладки теплових мереж	н	4	2		2								
Тема 5. Регулювання режимів роботи теплових мереж та систем централізованого теплопостачання на їх основі	п	24	2		2		20						
Разом за змістовим модулем 1		40	10	4	6		20						
Змістовий модуль 2. Конструювання теплових мереж. Тепловий та гідравлічний розрахунок													
Тема 6. Конструювання теплових мереж. Нормативні документи	н	4	2	2									
Тема 7. Вибір варіанту схем приєднання навантажень систем опалення, вентиляції, ГВП, охолодження та технологічного обладнання до теплових мереж	п	4	2	1	1								
Тема 8. Гідравлічний розрахунок теплових мереж	н	14	2	2			10						

Тема 9. Теплова ізоляція та тепловий розрахунок теплових мереж	п	14	2		2		10						
Тема 10. Нові технології при будівництві теплових мереж	н	4	2	2									
Разом за змістовим модулем 2		40	10	7	3		20						
<b>Змістовий модуль 3. Експлуатація теплових мереж та систем теплопостачання на їх основі</b>													
Тема 11. Експлуатація та ремонт теплових мереж. Оцінка екологічного впливу	п	4	2	2									
Тема 12. Особливості експлуатації підземних теплопроводів і теплових камер	н	4	2	2									
Тема 13. Випробування теплопроводів	п	14	2		2		10						
Тема 14. Центральні теплові пункти (ЦТП)	н	14	2		2		10						
Тема 15. Індивідуальні теплові пункти (ІТП)	п	4	2		2								
Разом за змістовим модулем 3		40	10	4	6		20						
Усього годин		120	30	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	Визначення витрат тепла для різних температур зовнішнього	3



	повітря і вибір джерела теплоти	
2	Визначення впливу режимів регулювання відпуску навантаження на роботу теплових мереж	2
3	Визначення характеристик теплової ізоляції наземних трубопроводів теплових мереж	4
4	Визначення місця установки катодного захисту трубопроводів та дослідження його впливу на термін служби теплових мереж	2
5	Визначення ефективності роботи системи опалення споживачів приєднаних до теплових мереж за залежною та незалежною схемами	2
6	Побудова графіку температур теплоносія в тепловій мережі	2

## 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Теплотехнічні випробування водо-водяного підігрівача для гарячого водопостачання	2
2	Дослідження статичного режиму теплової мережі	2
3	Дослідження динамічного режиму теплової мережі	2
4	Дослідження роботи теплової мережі з насосною підстанцією	2
5	Обладнання теплового пункту	3
6	Визначення коефіцієнта теплопередачі нагрівальних приладів	2
7	Прилади для виміру кількості тепла, що споживається	2

## 7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Споживачі теплової енергії	10
2	Регулювання режимів роботи теплових мереж та систем централізованого теплопостачання на їх основі	10
3	Вивчення ефективності роботи системи погодозалежного регулювання відпуску теплоти	10
4	Конструювання теплових мереж	10
5	Теплова ізоляція та тепловий розрахунок теплових мереж	10
6	Гідравлічний розрахунок теплових мереж	10
7	Вивчення роботи автоматичних балансувальних клапанів	10
8	Випробування теплопроводів	10
9	Центральні та індивідуальні теплові пункти	10

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

1. Дати характеристики перспективи розвитку теплових мереж і систем на їх основі в Україні та за кордоном.

2. Класифікація систем теплопостачання та споживачів теплової енергії.

3. Які основні характеристики систем опалення необхідні для вибору джерел теплопостачання?
4. Побудувати добові, річні, сезонні, цілорічні та технологічні графіки теплового навантаження побутових та виробничих споживачів.
5. Принципові схеми систем водяного опалення при централізованому та децентралізованому теплопостачанні.
6. Область використання систем водяного, парового та повітряного опалення.
7. Написати залежність для визначення витрат теплоти через огорожувальні конструкції.
8. Написати залежність для визначення втрат теплоти з вентиляцією.
9. Написати залежність для визначення теплопритоків у виробничих приміщеннях.
10. Написати залежність для визначення втрат теплоти в сільськогосподарських спорудах при відсутності проектних даних.
11. При якій густині забудови використовують централізовані та децентралізовані системи теплопостачання?
12. При яких умовах та якій густині теплового навантаження використовується одно-, дво-, трьох- та чотирьохтрубні системи теплопостачання?
13. Способи та місце регулювання теплового навантаження.
14. В чому полягає різниця між якісним та кількісним регулюванням теплового навантаження?
15. Теплових мережі: загальна характеристика та способи прокладання.
16. Способи безканального прокладання теплових мереж.
17. Які заходи використовуються для запобігання руйнування теплових мереж при зміні температури теплоносія?
18. Які види та матеріали використовують для антикорозійної та теплової ізоляції теплопроводів?
19. Залежності для розрахунку питомих втрат теплоти при каналному та повітряному прокладанні теплопроводів.
20. За якими залежностями визначають коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній та зовнішній поверхнях теплопроводу?
21. Залежності для визначення загальних втрат теплоти у теплових мережах.
22. Як оцінюється якість теплової ізоляції?
23. За якою залежністю визначається падіння температури на окремих ділянках теплопроводу?
24. Написати розрахункові залежності для визначення витрат теплоносія в системах опалення та вентиляції.
25. Написати розрахункові залежності для визначення падіння тиску теплоносія в трубах.
26. Які рівняння використовуються для визначення внутрішнього діаметру теплопроводів водяних мереж та паропроводів?

27. Які типи нагрівальних елементів найбільше поширені в системах опалення?

28. Розрахункові витрати води та напори.

29. Устаткування, арматура і трубопроводи.

30. Гідравлічний розрахунок трубопроводів.

## **9. Методи навчання**

Структура дисципліни передбачає надання студентам навчальної інформації та закріплення отриманих знань шляхом здачі іспиту. Викладання дисципліни ґрунтується на поєднанні модульних технологій навчання та залікових освітніх одиниць (залікових кредитів) з використанням інформаційно-ілюстраційного матеріалу у вигляді:

- лекцій у форматі діалогу, з елементами проблемності;
- візуалізації лекцій (Power Point презентації тощо).

Лабораторні заняття проводяться із застосуванням необхідного обладнання (сушильні шафи, балансувальна арматура), устаткування (термометри, манометри та ін.), а також плакатів та макетів установок і обладнання для вимірювання тих чи інших величин.

Під час обробки отриманих експериментальних та розрахункових даних, студенти активно використовують ПЕОМ і відповідні програми для побудови та розрахунків математичних моделей (рівнянь регресії), розрахунку теплових втрат, режиму руху рідини тощо.

## **10. Форми контролю**

Контрольні заходи щодо оцінювання навчальних досягнень студентів з дисципліни «Теплові мережі» включають поточний та підсумковий контроль.

Поточне оцінювання здійснюється у процесі вивчення змістового модулю. Його основними завданнями є: встановлення й оцінювання рівнів розуміння і первинного засвоєння окремих елементів змісту теми, встановлення зв'язків між ними та засвоєним змістом попередніх тем, закріплення знань, умінь і навичок.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання розрахункових робіт.

Формою проведення поточного контролю є оцінювання рівня теоретичної підготовки до них, правильність виконання індивідуальних завдань з вивченої теми та оформлення звіту з лабораторної роботи.

Підсумковий контроль з навчальної дисципліни «Теплові мережі» включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, і в терміни, встановлені навчальним планом та розкладом заліково-екзаменаційної сесії.

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни «Теплові мережі» здійснюється за чотирибальною шкалою, стобальною шкалою і шкалою ЄКТС.

### 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. № 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. Навчально-методичне забезпечення

1. Антипов Є.О., Міщенко А.В. Теплові мережі. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр» навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» / Є.О. Антипов, А.В. Міщенко. – Київ: РВВ НУБіП України, 2022. – 39 с.
2. Антипов Є.О. Тепловодопостачання АПК (Частина 1). Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт / Є.О. Антипов. – Київ: РВВ НУБіП України, 2019. – 75 с.
3. Лазоренко В.О. Тепловодопостачання сільського господарства. Ч1. Теплопостачання сільського господарства. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, НАУ, 2004.

### 13. Рекомендовані джерела інформації

- основна:

1. Драганов Б.Х. та ін. Проектування систем теплопостачання сільського господарства. - К.: Техніка, 2003. – 160 с.
2. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : Учебник для вузов / Соколов Е. Я. – 7-е изд., стереот. – М. : Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
3. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – [Чинний з 2009–01–07]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с. – (Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди) (Державні будівельні норми України).

4. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива і теплової енергії на опалення житлових і громадських споруд, а також на господарсько-побутової потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94. Керівний матеріал. Київ, 1995. – 636 с.
5. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем та основи проектування джерел теплопостачання / Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 140 с.
6. Шилов Е. Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посібник. / Шилов Е. Й., Гойко А. Ф., Ізмайлова Е. В. – К. : КНУБА, 2001. – 127 с.
7. Ковальчук В. А. Теплопостачання / В. А. Ковальчук, Т. С. Мацнева. – Рівне: НУВГП, 2013. – 300 с.
8. Шульга М.О., Алексахін О.О. Теплопостачання та гаряче водопостачання. Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 229 с.
9. Алексахін О.О., Герасимова О.М. Приклади і розрахунки з теплопостачання та опалення. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 206 с.

**- допоміжна:**

1. Драганов Б.Х. и др. Применение теплоты в сельском хозяйстве. - К.: Вища школа, 1990. – 319 с.
2. Герасимович Л.С., Цубанов А.Г., Драганов Б.Х. и др. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства - Мн.: Ураджай, 1993.
3. Драганов Б.Х., Лазоренко В.А. и др. Курсовое проектирование по теплотехнике и применению теплоты в сельском хозяйстве. - К.: Агропромиздат, 1991. - 176 с.
4. Рабинович М.М. Сборник задач по теплотехнической термодинамике. - М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.

#### **14. Інформаційні ресурси**

<https://sites.google.com/site/osnoviteplotehnikitagidravliki/>