

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор із науково-
педагогічної та навчальної
роботи

А.М. Мартиненко
А.М. Мартиненко
«*20*» *серпня* 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ТЕПЛОМАСООБМІН»
(назва навчальної дисципліни)

підготовки **бакалавра**
(назва ступеня вищої освіти)
спеціальності **144 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА**
(код і назва спеціальності)

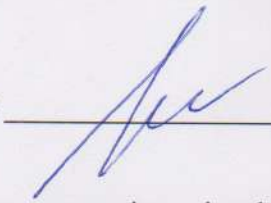
Полтава
2024 рік

Handwritten signature

**Робоча програма навчальної дисципліни «ТЕПЛОМАСООБМІН»
для студентів спеціальності 144 Теплоенергетика першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти
Складена відповідно до освітньої програми бакалавра «Теплоенергетика» 2024 р.**

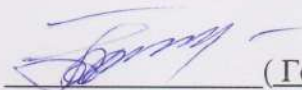
Розробник: Чернецька І.В., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук

Погоджено

Гарант освітньої програми  (Кутний Б.А.)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

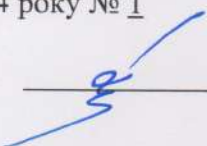
Протокол від « 29 » серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики  (Голік Ю.С.)

« 29 » серпня 2024 року

Схвалено навчально-методичною комісією інституту (факультету)

Протокол від « 30 » серпня 2024 року № 1

Голова навчально-методичної комісії  (Гаврик С.Ю.)

« 30 » серпня 2024 року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни			
		форма навчання денна		форма навчання дистанційна	
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>14</u> <u>Електрична інженерія</u>	обов’язкова		обов’язкова	
Загальна кількість годин – 210					
Модулів – 2	Спеціальність <u>144</u> <u>Тепло-енергетика</u>	Рік підготовки:			
Змістових модулів – 6		2-й	3-й	2-й	3-й
		Семестр			
		4-й	5-й	4-й	5-й
		Лекції			
Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота «Визначення площі поверхні теплообміну водоводяного і паро-водяного теплообмінних апаратів» – 30 год	Ступінь вищої освіти <u>бакалавр</u>	24 год	18 год	-	-
		Практичні заняття			
		14 год	12 год	-	-
		Лабораторні заняття			
		10 год	6 год	-	-
		Самостійна робота			
		42 год	54 год	90 год	90 год
		Індивідуальна робота:			
		30 год	0 год	30 год	0 год
		Вид контролю:			
		Диференційований залік	Екзамен	Диференційований залік	Екзамен

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 84/126;
для дистанційної форми навчання – 0/210.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів знань про процеси передачі теплоти у твердих тілах, рідинах і газах, про процеси масообміну у двофазних середовищах, про принципи розрахунків процесів тепло- і масообміну в теплотехнічному обладнанні та будівельних конструкціях.

Компетентності за ОПП:

ІК - 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.

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;

ФК 3 – здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання;

ФК 8 – здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі;

ФК 11 – здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі;

ФК 13 – здатність складати енергетичні баланси.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліни, які мають бути вивчені раніше: «Комп'ютерні методи та засоби розв'язання інженерних задач», «Технічна термодинаміка та паросилові установки».

4. Очікувані результати навчання з дисципліни:

ПР 2 – знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики;

ПР 4 – аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

ПР 5 – обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень;

ПР 9 – вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її;

ПР 11 – мати лабораторні/технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки;

ПР 13 – розуміти основні методики проектування і дослідження в теплоенергетиці, а також їх обмеження.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90 – 100	А	Відмінно	Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Власні пропозиції Здобувача в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін.	Високий, що повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.
82 – 89	В	Добре	Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі	Достатній, що забезпечує здобувачу самостійне

			аналіз можливих ситуацій та вмiє застосовувати теоретичнi положення при вирiшеннi практичних задач, але допускає окремi неточностi. Вмiє самостiйно виправляти допущенi помилки, кiлькiсть яких є незначною.	вирiшення основних практичних задач.
74 - 81	С	Добре	Здобувач загалом добре володiє матерiалом, знає основнi положення матерiалу, що вiдповiдають робочiй програмi дисциплiни, робить на їх основi аналіз можливих ситуацій та використовує для рiшення характерних/типових практичних завдань на професiйному рiвнi. Додатковi питання про можливiсть використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.	Достатнiй, конкретний рiвень, за вивченим матерiалом робочої програмi дисциплiни.
64 - 73	Д	Задовiльно	Здобувач засвоїв основний теоретичний матерiал, передбачений робочою програмою дисциплiни, та розумiє постанову стандартних практичних завдань, має пропозицiї щодо напрямку їх вирiшень. Розумiє основнi положення, що є визначальними в курсi, може вирiшувати подiбнi завдання тим, що розглядались з викладачем, але допускає значну кiлькiсть неточностей i грубих помилок, якi може усувати за допомогою викладача.	Середнiй, що забезпечує достатньо надiйний рiвень вiдтворення основних положень дисциплiни.
60 – 63	Е	Достатньо	Здобувач засвоїв основний теоретичний матерiал, передбачений робочою програмою дисциплiни, та розумiє постанову стандартних практичних завдань, має пропозицiї щодо напрямку їх вирiшень. володiє основними положеннями на рiвнi, який визначається як мiнiмально допустимий. Правила вирiшення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень	Середнiй, що є мiнiмально допустимим у всiх складових навчальної дисциплiни.

			пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання екзамену/заліку	Здобувач може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни Здобувач виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних і лабораторних робіт в більшості є невірними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.	Низький , не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни.
0 – 34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Здобувач повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Здобувач не допущений до здачі екзамену/заліку.	Незадовільний , Здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни.

6. Засоби діагностики результатів навчання

- Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:
- диференційний залік, екзамен;
 - стандартизовані тести;
 - презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
 - виконання завдань на лабораторному обладнанні;
 - розрахунково-графічна робота в 4-му семестрі.

7. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Теплопровідність

Тема 1. Поняття про тепломасообмін. Способи перенесення теплоти.

Основні поняття та визначення. Температурне поле. Способи перенесення теплоти.

Тема 2. Основи вчення про теплопровідність. Диференціальне рівняння теплопровідності

Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності.

Лабораторне заняття № 1.

Тема 3. Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі та граничних умовах першого виду.

Передача теплоти через одношарову та багатошарову плоскі стінки. Передача

теплоти через одношарову та багатошарову циліндричні стінки. Передача теплоти через одношарову стінку сферичної форми.

Практичне заняття № 1.

Тема 4. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.

Постановка та розв'язання задачі про охолодження необмеженої пластини. Визначення розподілу температур у пластині та кількості теплоти, переданої в процесі охолодження пластини. Метод кінцевих різниць. Поняття про регулярний тепловий режим.

Практичне заняття № 2.

Змістовий модуль 2. Конвекція

Тема 5. Основні положення вчення про конвективний теплообмін.

Закон Ньютона-Ріхмана. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну та умови однозначності. Основи теорії подібності. Фізичне і математичне моделювання в тепломасообміні.

Тема 6. Тепловіддача конвекцією при вільному русі повітря

Тепловіддача при вільному русі повітря в необмеженому просторі вздовж вертикальних та горизонтальних поверхонь. Тепловіддача при вільному русі повітря в обмеженому просторі.

Лабораторні заняття № 2, 3.

Тема 7. Тепловіддача конвекцією при вимушеному обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом.

Гідродинамічний та тепловий пограничні шари. Визначення режиму руху середовища в пограничному шарі. Характер руху рідини або газу при вимушеному поперечному обтіканні труби та пучка труб рідиною або газом. Визначення коефіцієнта тепловіддачі та теплового потоку при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні та поперечному обтіканні пучка труб рідиною або газом.

Практичне заняття № 3.

Тема 8. Тепловіддача конвекцією при течії теплоносія в трубах

Визначення режиму руху рідини або газу в трубі. Ділянки гідродинамічної та теплової стабілізації. Визначення коефіцієнтів тепловіддачі та теплового потоку при різних режимах руху рідини або газу в трубі.

Практичне заняття № 4.

Змістовий модуль 3. Теплопередача

Тема 9. Теплопередача через плоску та циліндричну стінки.

Теплопередача через одношарову та багатошарову плоскі стінки. Теплопередача через одношарову та багатошарову циліндричні стінки.

Практичне заняття № 5.

Лабораторні заняття № 4, 5.

Тема 10. Теплопередача в теплообмінних апаратах

Види теплообмінних апаратів та їх будова. Способи передачі теплоти. Схеми руху теплоносіїв. Середньологарифмічний температурний напір.

Практичне заняття № 6.

Тема 11. Теплові баланси теплообмінних апаратів.

Складання теплових балансів теплообмінних апаратів та знаходження складових.

Тема 12. Порядок розрахунку теплообмінних апаратів.

Алгоритм визначення площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату.

Практичне заняття № 7.

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 4. Випромінювання

Тема 13. Теплообмін випромінюванням.

Основні поняття теплообміну випромінюванням. Основні закони теплового випромінювання.

Лабораторне заняття № 6.

Тема 14. Особливості випромінювання газів та пари.

Теплообмін випромінюванням в діатермічному середовищі. Особливості променевого теплообміну в газах. Променевий теплообмін в пучках труб.

Змістовий модуль 5. Тепломасообмін при фазовому переході

Тема 15. Теплообмін при конденсації водяної пари на вертикальній поверхні та поверхні горизонтальної труби.

Визначення режиму руху плівки конденсату на вертикальній поверхні теплообміну. Визначення місцевого та середнього коефіцієнтів тепловіддачі від пари, що конденсується, до вертикальної поверхні. Визначення середнього по периметру труби коефіцієнта тепловіддачі від пари, що конденсується, до зовнішньої поверхні горизонтальної труби.

Практичні заняття № 8, 9.

Лабораторне заняття №7.

Тема 16. Порядок розрахунку паро-водяного теплообмінного апарату.

Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до поверхні теплообміну. Алгоритм визначення площі поверхні теплообміну паро-водяного теплообмінного апарату.

Практичне заняття № 10.

Тема 17. Тепло- і масообмін у двофазних середовищах.

Молекулярна дифузія (концентраційна, термодифузія та бародифузія). Молярна дифузія. Масовіддача. Масопередача. Тепло- і масообмін у двофазних середовищах.

Змістовий модуль 6. Будівельна теплофізика

Тема 18. Визначення товщини теплоізоляційного шару в конструкціях, що огорожують будівлі.

Визначення товщини шару теплоізоляції конструкцій, що огорожують житлові та громадські будівлі. Особливості визначення товщини шару теплоізоляції конструкцій, що огорожують промислові будівлі.

Практичне заняття № 11.

Тема 19. Аналіз тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.

Алгоритм розрахунку тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. Способи покращення вологісного стану огорожувальних конструкцій.

Практичне заняття № 12.

Лабораторне заняття № 8.

Тема 20. Розрахункова оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій. Розрахунок повітропроникності світлопрозорих огорожувальних конструкцій. Розрахунок повітропроникності непрозорих огорожувальних конструкцій.

Практичне заняття № 13.

Тема 21. Визначення показників теплостійкості огорожувальних конструкцій.

Визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій у літній період року.

8. Структура навчальної дисципліни

для денної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Теплопровідність						
Тема 1. Поняття про тепломасообмін. Способи перенесення теплоти	4	2				2
Тема 2. Основи вчення про теплопровідність. Диференціальне рівняння теплопровідності	8	2		2		4
Тема 3. Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі та граничних умовах першого виду	8	2	2			4
Тема 4. Теплопровідність при нестаціонарному тепловому режимі	10	2	2			6
Разом за змістовим модулем 1	30	8	4	2		16
Змістовий модуль 2. Конвекція						
Тема 5. Основні положення вчення про конвективний теплообмін. Теорія подібності	6	2				4
Тема 6. Тепловіддача конвекцією при вільному русі повітря	10	2		4		4
Тема 7. Тепловіддача конвекцією при вимушеному обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом	10	2	2			6
Тема 8. Тепловіддача конвекцією при течії теплоносія в трубах	10	2	2			6
Разом за змістовим модулем 2	36	8	4	4		20
Змістовий модуль 3. Теплопередача						
Тема 9. Теплопередача через плоску та циліндричну стінки	10	2	2	4		2
Тема 10. Теплопередача в теплообмінних апаратах	6	2	2			2
Тема 11. Теплові баланси теплообмінних апаратів	4	2				2
Тема 12. Порядок розрахунку теплообмінних апаратів	4	2	2			
РГР «Розрахунок водо-водяного теплообмінного апарату»	30				30	
Разом за змістовим модулем 3	54	8	6	4	30	6
Разом за модулем 1	120	24	14	10	30	42
Модуль 2						
Змістовий модуль 4. Випромінювання						
Тема 13. Теплообмін випромінюванням	12	2		2		8
Тема 14. Особливості випромінювання газів та пари	10	2				8
Разом за змістовим модулем 4	22	4		2		16
Змістовий модуль 5. Теплообмін при конденсації водяної пари. Масообмін						
Тема 15. Теплообмін при конденсації водяної пари на вертикальній поверхні та поверхні горизонтальної труби	12	2	4	2		4
Тема 16. Порядок розрахунку паро-водяного теплообмінного апарату	16	2	2			12
Тема 17. Тепло- і масообмін у двофазних середовищах	6	2				4
Разом за змістовим модулем 5	34	6	6	2		20

Змістовий модуль 6. Будівельна теплофізика						
Тема 18. Визначення товщини теплоізоляційного шару в конструкціях, що огорожують будівлі.	8	2	2			4
Тема 19. Аналіз тепловологісного стану огорожувальних конструкцій	10	2	2	2		4
Тема 20. Розрахункова оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій	8	2	2			4
Тема 21. Визначення показників теплостійкості огорожувальних конструкцій	8	2				6
Разом за змістовим модулем 6	34	8	6	2		18
Разом за модулем 2	90	18	12	6	0	54
Усього годин	210	42	26	16	30	96

для дистанційної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Теплопровідність						
Тема 1. Поняття про тепломасообмін. Способи перенесення теплоти	4					4
Тема 2. Основи вчення про теплопровідність. Диференціальне рівняння теплопровідності	4					4
Тема 3. Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі та граничних умовах першого виду	4					4
Тема 4. Теплопровідність при нестаціонарному тепловому режимі	4					4
Разом за змістовим модулем 1	16	0	0	0	0	16
Змістовий модуль 2. Конвекція						
Тема 5. Основні положення вчення про конвективний теплообмін. Теорія подібності	6					6
Тема 6. Тепловіддача конвекцією при вільному русі повітря	4					4
Тема 7. Тепловіддача конвекцією при вимушеному обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом	4					4
Тема 8. Тепловіддача конвекцією при течії теплоносія в трубах	4					4
Разом за змістовим модулем 2	20	0	0	0	0	20
РГР 1 «Визначення теплового потоку та розподілу температур у стінках»	30				30	
Разом за модулі 1 і 2	66	0	0	0	30	36
Змістовий модуль 3. Теплопередача						
Тема 9. Теплопередача через плоску та циліндричну стінки	10					10
Тема 10. Теплопередача в теплообмінних апаратах	6					6
Тема 11. Теплові баланси теплообмінних апаратів	4					4
Тема 12. Порядок розрахунку теплообмінних апаратів	4					4
РГР 2 «Розрахунок водо-водяного теплообмінного апарату»	30				30	
Разом за змістовим модулем 3	54	0	0	0	30	24
Разом за модулем 1	120	0	0	0	60	60

Модуль 2						
Змістовий модуль 4. Випромінювання						
Тема 13. Теплообмін випромінюванням	6					6
Тема 14. Особливості випромінювання газів та пари	4					4
Разом за змістовим модулем 4	10	0	0	0	0	10
Змістовий модуль 5. Теплообмін при конденсації водяної пари. Масообмін						
Тема 15. Теплообмін при конденсації водяної пари на вертикальній поверхні та поверхні горизонтальної труби	8					8
Тема 16. Порядок розрахунку паро-водяного теплообмінного апарату	2					2
Тема 17. Тепло- і масообмін у двофазних середовищах.	6					6
<i>РГР 3 «Розрахунок паро-водяного теплообмінного апарату»</i>	30				30	
Разом за змістовим модулем 5	46	0	0	0	30	16
Змістовий модуль 6. Будівельна теплофізика						
Тема 18. Визначення товщини теплоізоляційного шару в конструкціях, що огороджують будівлі.	8					8
Тема 19. Аналіз тепловологісного стану огороджувальних конструкцій	10					10
Тема 20. Розрахункова оцінка повітропроникності огороджувальних конструкцій	8					8
Тема 21. Визначення показників теплостійкості огороджувальних конструкцій	8					8
Разом за змістовим модулем 6	34	0	0	0	0	34
Разом за модулем 2	90	0	0	0	30	60
Усього годин	210	0	0	0	90	120

9. Перелік питань для семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		для денної форми	для дистанційної форми
	Семінарські заняття не передбачені	-	-

10. Перелік питань для практичних занять

№ занят-тя	Назва питань	Кількість годин	
		для денної форми	для дистанційної форми
1	2	3	4
1	Розрахунок теплового потоку крізь одношарову та багатошарову плоскі стінки (граничні умови першого виду) 1. Визначення термічного опору одношарової плоскої стінки. 2. Розрахунок теплового потоку крізь одношарову плоску стінку. 3. Обчислення термічного опору багатошарової плоскої стінки. 4. Розрахунок теплового потоку крізь багатошарову плоску стінку. 5. Визначення розподілу температури в багатошаровій плоскій стінці.	2	0
2	Розрахунок температури всередині пластини при її охолодженні та кількості теплоти, відданої пластиною в цьому процесі 1. Визначення розподілу температур у пластині при її охолодженні. 2. Обчислення кількості теплоти, відданої пластиною при її охолодженні.	2	0
3	Визначення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні повітрям. 1. Обчислення середнього за довжиною пластини коефіцієнта тепловіддачі при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні повітрям. 2. Розрахунок місцевих коефіцієнтів тепловіддачі при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні повітрям.	2	0
4	Розрахунок теплового потоку при вимушеному русі води в трубі 1. Визначення коефіцієнта тепловіддачі при вимушеному русі води втрубі. Обчислення теплового потоку при вимушеному русі води в трубі.	2	0

1	2	3	4
5	Розрахунок теплового потоку крізь багат шарову плоску та циліндричну стінки (граничні умови третього виду) 1. Визначення опору теплопередачі тришарової плоскої стінки. 2. Обчислення теплового потоку крізь 3-шарову плоску стінку. 3. Визначення розподілу температури в тришаровій плоскій стінці. 4. Розрахунок лінійного опору теплопередачі тришарової циліндричної стінки. 5. Обчислення теплового потоку крізь тришарову циліндричну стінку. 6. Визначення розподілу температури в тришаровій циліндричній стінці.	2	0
6	Визначення температурного напору в теплообмінних апаратах Розрахунок середньо логарифмічного температурного напору в теплообмінних апаратах при різних схемах руху теплоносіїв	2	0
7	Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стінки теплообмінної трубиводо-водяного теплообмінного апарату 1. Обчислення коефіцієнта тепловіддачі від первинного теплоносія до внутрішньої поверхні стінки теплообмінної труби α_1 . 2. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки теплообмінної труби до вторинного теплоносія α_2 . 3. Обчислення коефіцієнта теплопередачі стінки теплообмінної трубиводо-водяного теплообмінного апарату.	2	0
8	Розрахунок кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до вертикальної поверхні теплообміну 1. Обчислення середнього по довжині вертикальної поверхні коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари. 2. Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до вертикальної поверхні теплообміну.	2	0
9	Розрахунок кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до зовнішньої поверхні горизонтальної труби 1. Обчислення середнього по довжині горизонтальної труби коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари. 2. Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до горизонтальної труби.	2	0
10	Визначення площі поверхні теплообміну паро-водяного теплообмінного апарату Розрахунок кількості теплоти, що передається до поверхні теплообміну від пари, яка конденсується. Визначення необхідної площі теплообмінної поверхні	2	0
11	Визначення необхідної товщини шару теплової ізоляції Розрахунок необхідної товщини теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель різного призначення	2	0

1	2	3	4
12	Розрахункова оцінка тепловологісного стану зовнішньої стіни 1. Обчислення розподілу температур у зовнішній стіні будинку в січні. 2. Визначення розподілу парціального тиску насиченої водяної пари в стіні в січні. 3. Обчислення розподілу парціального тиску водяної пари в стіні в січні. 4. Визначення зони конденсації водяної пари в стіні. 5. Розрахунок кількості вологи, що конденсується в стіні.	2	0
13	Розрахункова оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій 1. Розрахунок повітропроникності зовнішньої стіни 2. Розрахунок повітропроникності світлопрозорих конструкцій	2	0
	Усього	26	0

11. Перелік питань для лабораторних занять

№ Заняття	Назва питань	Кількість годин	
		для денної форми	для дистанційної форми
1	Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності матеріалу	2	0
2	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією при вільному русі повітря біля вертикальної труби	2	0
3	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією при вільному русі повітря біля горизонтальної труби	2	0
4	Експериментальне визначення втрат теплоти крізь плоску стінку	2	0
5	Експериментальне визначення втрат теплоти крізь циліндричну стінку	2	0
6	Експериментальне визначення коефіцієнта випромінювання твердого тіла	2	0
7	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі при конденсації водяної пари	2	0
8	Аналіз тепловологісного стану зовнішньої стіни	2	0
	Усього	16	0

12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи студента є: навчитися користуватися бібліотечними фондами і каталогами, працювати з історичними та літературними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки.

Види самостійної роботи студента:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до практичних та лабораторних занять;
- підготовка до виконання розрахунково-графічної роботи;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- підготовка до виконання модульної контрольної роботи (тестування);
- підготовка до складання диференційованого заліку в 4-му семестрі та до екзамену в 5-му семестрі за контрольними питаннями.

Питання для самостійного вивчення студентами

№ з/п	Назва питань	Кількість годин	
		для денної форми	для дистанційної форми
1	2	3	4
1	Поняття про одномірне, двомірне тримірне, стаціонарне і нестаціонарне температурні поля	1	2
2	Фактори, які впливають на коефіцієнт теплопровідності	1	2
3	Закон збереження енергії та спрощення при виведення диференціального рівняння теплопровідності	1	2
4	Визначення густини теплового потоку крізь одношарову та багатошарову плоскі стінки при граничних умовах першого виду. Визначення розподілу температури в багатошаровій плоскій стінці	2	8
5	Диференціальне рівняння теплопровідності та умови однозначності прививеденні формули для визначення розподілу температури в одношаровій плоскій стінці при $\lambda = \text{const}$	3	6
6	Визначення розподілу температури в одношаровій плоскій стінці за умови $\lambda = f(t)$	2	8
7	Визначення лінійної густини теплового потоку крізь одношарову та багатошарову циліндричні стінки при граничних умовах першого виду. Визначення розподілу температури в багатошаровій циліндричній стінці	2	4
8	Диференціальне рівняння теплопровідності та умови однозначності при виведенні формули для визначення розподілу температури в пластині при її охолодженні	2	4
9	Розподіл температури в пластині при різних значеннях критерію Біо за умови її охолодження і нагрівання	2	4
9	Теорія подібності	6	10
10	Визначення густини теплового потоку при вільному русі рідини або газу біля поверхні	2	4

1	2	3	4
11	Визначення густини теплового потоку при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом	2	4
12	Визначення густини теплового потоку при вимушеному поперечному обтіканні пучків труб рідиною або газом	2	4
13	Визначення густини теплового потоку при рухові рідини або газу в трубах	2	4
14	Особливості визначення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією при течії рідини або газу в трубах (каналах) з різною формою поперечного перерізу.	1	2
15	Особливості тепловіддачі у вигнутих трубах круглого поперечного перерізу	1	2
16	Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана, Закон Кірхгофа.	8	16
17	Теплообмін випромінюванням в системі тіл із плоскопаралельними поверхнями	6	10
18	Особливості випромінювання газів і пари	2	6
19	Визначення густини теплового потоку крізь багат шарову плоску та циліндричну стінки при граничних умовах третього виду	2	4
20	Алгоритм розрахунку площі поверхні теплообміну водо-водяного тепло-обмінного апарату	4	14
21	Визначення густини теплового потоку при конденсації водяної пари	2	2
22	Алгоритм розрахунку площі поверхні теплообміну паро-водяного тепло-обмінного апарату	2	14
23	Тепло- і масообмін у двофазних середовищах	4	4
24	Визначення товщини шару теплоізоляції конструкцій, що огорожують житлові, громадські та промислові будівлі	8	10
25	Алгоритм визначення кількості вологи, накопиченої в конструкції за розрахунковий період	10	10
26	Визначення повітропроникності світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій	8	10
27	Алгоритм визначення теплостійкості зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року	8	10
	Усього	96	180

13. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання:

- для денної форми навчання:

розрахунково-графічна робота «Визначення площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату» – 30 год.

- для дистанційної форми навчання:

- розрахунково-графічна робота 1 «Визначення теплового потоку та розподілу температур у стінках» – 30 год.

- розрахунково-графічна робота 2 «Розрахунок водо-водяного теплообмінного апарату» – 30 год.

- розрахунково-графічна робота 3 «Розрахунок паро-водяного теплообмінного апарату» - 30 год.

14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, практичних занять, індивідуальних та групових консультацій, практичні – при проведенні практичних занять та виконанні лабораторних робіт. Під час проведення лекцій та практичних занять використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. Широко використовується метод активізації мислення студентів, наприклад метод "мозкового штурму". До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із приладами та стендовим обладнанням.

15. Методи контролю

Поточний контроль успішності засвоєння студентами навчального матеріалу може здійснюватися шляхом опитування й оцінювання знань студентів під час практичних та лабораторних занять, оцінювання виконання студентами самостійної роботи та індивідуальних завдань, або в ході індивідуальних співбесід зі студентами під час консультацій. Вибір конкретних форм і методів поточного контролю знань студентів доводиться до їхнього відома на першому практичному занятті. Модульний контроль є частиною поточного контролю і має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формують відповідний модуль. Він реалізується шляхом проведення спеціальних контрольних заходів (у формі тестування), проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять. На підставі результатів модульного контролю здійснюється міжсесійний контроль (атестація).

Підсумковий контроль здійснюється в 4-му семестрі у формі диференційованого заліку, у 5-му семестрі – у формі семестрового екзамену.

16. Розподіл балів, які отримують студенти впродовж семестру

а) денна форма навчання

Схема нарахування балів* з навчальної дисципліни «Тепломасообмін»

за видами робіт

Модуль 1

	Перелік тем											
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12
	Практичні заняття											
			1	2			3	4	5	6		7
	Лабораторні заняття											
		1				2	3			4	5	
Виконання практичних завдань			2	2			2	2	2	2		2
Виконання лабораторних завдань		2				2	2		2	2		
Виконання завдань самостійної роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Тестування				2								
Всього за темами	2	4	4	6	2	6	4	4	8	4	2	2
Виконання РГР	22											
Диференційний залік	30											
Всього за результатами вивчення дисципліни	100											

*В Таблицях вказана максимальна кількість балів, які можна набрати за видами робіт

**Схема нарахування балів* з навчальної дисципліни «Тепломасообмін»
за видами робіт**

	Перелік тем											
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12
Виконання завдань самостійної роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Виконання завдань індивідуальної роботи (РГР)					22				22			
Тестування				2								
Залік	30											
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	100											

Модуль2

	Перелік тем								
	Тема 13	Тема 14	Тема 15	Тема 16	Тема 17	Тема 18	Тема 19	Тема 20	Тема 21
Виконання завдань самостійної роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Виконання контрольної роботи	10								
Виконання завдань індивідуальної роботи (РГР)	22								
Екзамен	50								
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	100								

*В Таблицях вказана максимальна кількість балів, які можна набрати за видами робіт

Для дистанційної форми навчання теми розрахунково-графічних робіт:

1- «Визначення площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату», 30 годин;

2- «Розрахунок водо-водяного теплообмінного апарату», 30 годин

3- «Розрахунок паро-водяного теплообмінного апарату», 30 годин

Обсяг розрахунково-графічної роботи 10-15 сторінок пояснювальної записки.

Шкала та критерії оцінювання виконання практичних занять

Бали	Критерії оцінювання
2	Виконано завдання лабораторної роботи в повному обсязі, належним чином оформлено висновки, у яких відображено здатність до практичного застосування отриманих знань.
1	Виконано завдання лабораторної роботи із несуттєвими помилками або не в повному обсязі, оформлено висновки, які частково розкривають практичне завдання.
0	Не виконано лабораторну роботу або виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання виконання лабораторних занять

Бали	Критерії оцінювання
2	Виконано завдання лабораторної роботи в повному обсязі, належним чином оформлено висновки, у яких відображено здатність до практичного застосування отриманих знань.
1	Виконано завдання лабораторної роботи із несуттєвими помилками або не в повному обсязі, оформлено висновки, які частково розкривають практичне завдання.
0	Не виконано лабораторну роботу або виконано із суттєвими помилками.

**Шкала та критерії оцінювання виконання завдань індивідуальної роботи (за темами)
(денна форма навчання) РГР**

Бали	Критерії оцінювання
18-22	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
13-17	Завдання вирішено із незначними неточностями, викладено у логічній послідовності, відповідь достатньо обґрунтована, що свідчить про достатній рівень засвоєння матеріалу відповідно до програмних результатів навчання та здатності його застосування під час вирішення практичних завдань.
7-12	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене не у повному обсязі, містить несуттєві помилки, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0-6	Завдання індивідуальної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

**Шкала та критерії оцінювання виконання завдань індивідуальної роботи (за темами)
(дистанційна форма навчання) РГР1, РГР2, РГР3**

Бали	Критерії оцінювання
18-22	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
13-17	Завдання вирішено із незначними неточностями, викладено у логічній послідовності, відповідь достатньо обґрунтована, що свідчить про достатній рівень засвоєння матеріалу відповідно до програмних результатів навчання та здатності його застосування під час вирішення практичних завдань.
7-12	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене не у повному обсязі, містить несуттєві помилки, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0-6	Завдання індивідуальної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи

Бали	Критерії оцінювання
2	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
1	Виконання завдань самостійної роботи здійснене не у повному обсязі, містить несуттєві помилки, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0	Завдання самостійної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Оцінювання тестування:

- кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів (наприклад, $0,1 \times 20 = 2$);
- правильність відповідей перевіряється відповідно до ключа тестів.

**Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти
за результатами складання диференційного заліку**

Завдання	Бали	Критерії оцінювання
Тестування	0-30	Кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів ($1 \times 30 = 30$), правильність відповідей перевіряється автоматично системою Moodle

**Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти
за результатами складання екзамену**

Завдання	Бали	Критерії оцінювання
Тестування	0-50	Кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів ($1 \times 50 = 50$), правильність відповідей перевіряється автоматично системою Moodle.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90 – 100	A – відмінно	5 – відмінно
82 – 89	B – дуже добре	4 – добре
74 – 81	C – добре	
64 – 73	D – задовільно	
60 – 63	E – достатньо	3 – задовільно
35 – 59	FX – незадовільно з можливістю повторного складання	2 – незадовільно
0 – 34	F – незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів, із них:

- при семестровому контролі у вигляді диференційованого заліку в 4-му семестрі на поточний контроль відведено 70 балів, а 30 балів – на підсумковий контроль;
- при підсумковому контролі у вигляді екзамену в 5-му семестрі 50 балів відведено на поточний контроль і 50 балів – на підсумковий контроль.

1. Поточний контроль.

Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином: робота на практичних, лабораторних заняттях (виконання практичних завдань, захист лабораторних робіт, а в разі їх пропусків з поважної причини – індивідуальні співбесіди на консультаціях за темами відповідних занять); самостійна робота; виконання індивідуального завдання у 4 -му семестрі:

- до 70 балів (при семестровому контролі у вигляді диференційованого заліку в 4-му семестрі);
- до 50 балів (при підсумковому контролі у вигляді екзамену в 5-му семестрі).

Присутність на лекціях, лабораторних і практичних заняттях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов’язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущені практичні та лабораторні заняття мають бути відпрацьовані впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента на заняттях із поважної причини встановлюється індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не

пізніше початку екзаменаційної сесії.

Студент, який повністю виконав програму навчальної дисципліни і отримав достатню рейтингову оцінку допускається до підсумкового контролю з дисципліни:

- не менше 35 балів у випадку диференційованого заліку в 4-му семестрі;
- не менше 25 балів у випадку екзамену в 5-му семестрі.

2. Підсумковий контроль Підсумковим контролем у 4 семестрі є диференційований залік, у 5 семестрі – екзамен. Диференційований залік і екзамен здійснюються відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

17. Методичне забезпечення

1. Кугаєвська Т.С. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» (частина 1) для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – теплоенергетика. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 40 с.

2. Кугаєвська Т.С. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» (частина 2) для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – теплоенергетика. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 23 с.

3. Кугаєвська Т.С. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» (частина 3) для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – теплоенергетика. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 12 с.

4. Кугаєвська Т.С. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – теплоенергетика. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 37 с.

5. Чернецька І.В. Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни «Тепломасообмін (теплоенергетика)» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – теплоенергетика. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. – 20 с.

18. Рекомендована література

Базова

1. Кугаєвська Т.С. Навчальний посібник із курсу «Тепломасообмін» (Частина 1. Теплопровідність) / Т.С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – 66 с.

2. Кугаєвська Т.С. Навчальний посібник із курсу «Тепломасообмін» (Частина 2. Конвективний теплообмін) / Т. С. Кугаєвська. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 86 с.

3. Омельченко О.В. Тепломасообмін: навч. посіб. / О.В. Омельченко, Л.О. Цвіркун. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. – 100 с.

4. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 113 с.

5. Басова Н.М. Тепломасообмін. Тексти лекцій / Басова Н.М., С.В. Дяченко, В.І. Романтовський. – Х.: ХНУБА, 2019. – 97 с.

6. Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.П. Ломейко. – Мелітополь, 2020. – 300 с.

7. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 60 с.

8. Кутний Б.А., Чернецька І.В. Інтенсифікація масообмінних процесів при синтезі газових гідратів (Intensification of mass exchange processes in the synthesis of gas hydrates).

Modern Engineering and Innovative Technologies, 1(26-01), 2023. – С. 44–49.
<https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-26-01-082>

Допоміжна

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 36 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 13 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 50 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
6. Василенко С. М. Основи тепломасообміну: підручник / С.М. Василенко, А.І. Українець, В.В. Олішевський. За ред. Академіка УААН І.С. Гулого. – К.: НУХТ, 2004. – 250 с.
7. Буднік А.М. Тепломасоперенос у процесах і матеріалах дизайну матеріалів: навч. посіб. / А.М. Буднік. – Суми ; СумДУ, 2008. – 158 с.
8. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. посіб. для вузів. 4-те видання, випр. / А.І. Погорелов. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2006. – 144 с.
9. Драганов Б.Х. Теплотехніка: підручник / Б.Х. Драганов [та ін]. – К. : ІНКІОС, 2005. – 504 с.
10. Співак О.Ю. Тепломасообмін: Лабораторний практикум / О.Ю. Співак, М.М. Чепурний. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 111 с.
11. Філоненко О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель: навчальний посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – 328 с.
12. Філоненко О.І., Юрін О. І., Семко О.В., Магас Н.М. Лінійні теплопровідні включення в будівельних конструкціях Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. – 175 с.
13. Молька І.В., Кугаєвська Т. С. Методика теоретичних розрахунків інтенсивності танення снігу на покрівлі. Науковий вісник будівництва. –ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – № 53. – С. 243 – 246.
14. Молька І.В., Кутний Б.А. Математична модель танення снігу на покрівлі Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Харків: ХНАМГ, 2011. – Вип. 92. – С. 50 – 55.
15. Incropera, Frank P. Fundamentals of heat and mass transfer / Frank P. Incropera, David P. Dewitt., Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine. — 6th ed. – USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 1000 p.

19. Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс навчальної дисципліни «Тепломасообмін»: <https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=433>.
2. Теплопровідність та теплопередача тіл найпростішої форми: <https://www.youtube.com/watch?v=yAC6dAlQc-c>
3. Теорія теплопровідності: навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спец. 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А.В. Гільчук, А.А. Халатов, Т.В. Доник; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 153 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/83acae59-9dcd-4ad7-af4c-83aa3671a374/content>