

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Г.в.о. проректора з науково-  
педагогічної та навчальної роботи



О.С. Максименко  
2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ТЕПЛОМАСООБМІН (ТЕПЛОФІЗИКА)»

(назва навчальної дисципліни)

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

Полтава  
2020 рік

**Робоча програма навчальної дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» для студентів денної форми навчання спеціальності 144 Теплоенергетика.**

**Складена відповідно до освітньої програми бакалавра.**

**Розробник: Кугаєвська Т.С., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук**

**Погоджено**

Гарант освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ (Голік Ю.С.)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

**Протокол від « 28 » серпня 2020 року № 1**

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

Схвалено навчально-методичною радою інституту

**Протокол від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_**

Голова навчально-методичної ради \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		форма навчання денна	
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>14</u> <u>Електрична інженерія</u>	обов'язкова	
Загальна кількість годин – 210			
Модулів – 2	Спеціальність <u>144</u> <u>Теплоенергетика</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 5		2-й	
		<b>Семестр</b>	
		3-й	4-й
		<b>Лекції</b>	
Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота «Визначення площі поверхні теплообміну водоводяного і паро-водяного теплообмінних апаратів» – 60 год	Ступінь вищої освіти <u>бакалавр</u>	16 год	18 год
		<b>Практичні заняття</b>	
		14 год	20 год
		<b>Лабораторні заняття</b>	
		8 год	8 год
		<b>Самостійна робота</b>	
		52 год	24 год
		<b>Індивідуальна робота:</b>	
		0 год	50 год
<b>Вид контролю:</b>			
диференційований залік	екзамен		

**Примітка.**

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи та індивідуальної становить для денної форми навчання – 84 /126.

## 2. Мета навчальної дисципліни

**Мета:** формування у студентів знань про процеси передачі теплоти в твердих тілах, рідинах і газах, про процеси масообміну у двофазних середовищах, про принципи розрахунків процесів тепло- і масообміну в конструкціях, що огорожують житлові, громадські та промислові будівлі.

### Компетентності за ОПП:

**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.

**СК 1** – здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі;

**СК 2** – здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем;

**СК 7** – здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики;

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

**СК 10** – здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі.

### Програмні результати навчання за ОПП:

**РН 3** – розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика»;

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

**РН 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.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліни, які мають бути вивчені раніше: «Вища математика», «Фізика», «Вступ до спеціальності», «Технічна термодинаміка».

## 4. Очікувані результати навчання з дисципліни

**Завдання дисципліни** – навчити студентів теоретичним основам і принципам обчислення: процесів передачі теплоти в твердих тілах, рідинах і газах; процесів теплообміну при конденсації водяної пари; процесів тепло- і масообміну у двофазних середовищах; процесів тепло- і масообміну в конструкціях, що огорожують будівлі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### знати:

- особливості стаціонарного та нестаціонарного процесів теплопровідності;
- особливості тепловіддачі конвекцією при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом;
- особливості тепловіддачі конвекцією при вимушеній течії рідини або газу в трубах;
- особливості тепловіддачі конвекцією під час вимушеного поперечного обтікання рідиною або газом пучка труб;
- особливості тепловіддачі конвекцією при вільному рухові рідини або газу;
- особливості теплообміну випромінюванням;
- особливості теплопередачі в теплообмінних апаратах;
- особливості теплообміну при конденсації водяної пари;
- особливості процесів тепло- і масообміну у двофазних середовищах;

- теоретичні основи проектування теплоізоляційної оболонки будівель, в т.ч. теоретичні основи розрахункової оцінки тепловологісного стану, повітропроникності і теплостійкості конструкцій, що огороджують будівлі,

**вміти:**

- виконувати розрахунки процесів теплообміну в твердих тілах, рідинах і газах;
- виконувати розрахунки процесів тепло-і масообміну в двофазних середовищах;
- виконувати теплотехнічні розрахунки теплообмінних апаратів;
- проектувати теплоізоляційну оболонку будівель, в т.ч. здійснювати розрахункову оцінку тепловологісного стану, повітропроникності і теплостійкості конструкцій, що огороджують будівлі.

## 5. Критерії оцінювання результатів навчання

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90- 100	<b>A</b>	<b>Відмінно</b>	Студент повно та ґрунтовно засвоїв усі теми робочої програми, вміє вільно та самостійно викласти зміст усіх питань програми навчальної дисципліни, розуміє її значення для своєї професійної підготовки, повністю виконав усі завдання кожної теми, поточного і модульного контролю. Виконання розрахунково-графічної роботи має творчий характер.	<b>Високий</b> , що є максимальним практично в усіх складових навчальної дисципліни
82- 89	<b>B</b>	<b>Дуже добре</b>	Студент недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв окремі питання робочої програми. Вміє самостійно викласти зміст основних питань програми навчальної дисципліни, виконав завдання кожної теми та поточного і модульного контролю в цілому. Виконання розрахунково-графічної роботи відповідає вимогам.	<b>Належний</b> , що є максимальним лише у деяких складових навчальної дисципліни
74- 81	<b>C</b>	<b>Добре</b>	Студент недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв деякі теми робочої програми, не вміє самостійно викласти зміст деяких питань програми навчальної дисципліни. Окремі завдання кожної теми та модульного поточного контролю виконав не повністю. Розрахунково-графічна робота виконана з деякими помилками.	<b>Достатній</b> , що є середнім у всіх складових навчальної дисципліни
64- 73	<b>D</b>	<b>Задовільно</b>	Студент засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вміє вільно самостійно викласти зміст основних питань навчальної дисципліни, окремі завдання кожної теми та модульного контролю не виконав. Питання розрахунково-графічної роботи повністю не розкриті.	<b>Середній</b> , що є мінімально допустимим лише у деяких складових навчальної дисципліни
60-63	<b>E</b>	<b>Достатньо</b>	Студент засвоїв матеріал, що передбачений робочою програмою, лише частково. Не вміє достатньо самостійно викласти зміст більшості питань програми навчальної дисципліни. Виконав окремі завдання кожної теми та модульного контролю. Питання	<b>Базовий</b> , що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни

			розрахунково-графічної роботи повністю не розкриті.	
35- 59	<b>FX</b>	<b>Незадовільно з можливістю повторного складання</b>	Студент не засвоїв більшість тем робочої програми, не вміє викласти зміст більшості основних питань навчальної дисципліни. Не виконав більшість завдань по кожній темі та більшість завдань модульного контролю. Більшість питань розрахунково-графічної роботи не розкриті.	<b>Низький</b> , що є нижчим від мінімально допустимого за більшістю складових навчальної дисципліни
0 - 34	<b>F</b>	<b>Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</b>	Студент не засвоїв матеріал, передбачений робочою програмою, не вміє викласти зміст кожної теми навчальної дисципліни, не виконав модульний контроль та розрахунково-графічну роботу.	<b>Нульовий</b> , тобто компетентності відсутні

### 6. Засоби діагностики результатів навчання

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання є: диференційований залік у 3-му семестрі; екзамен у 4-му семестрі; тести; виконання завдань на лабораторному обладнанні; виконання завдань під час практичних занять; розрахунково-графічна робота у 4-му семестрі.

### 7. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1. ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

##### Тема 1. Основні положення вчення про теплопровідність.

Основні поняття та визначення. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності.

##### Лабораторне заняття № 1.

##### Тема 2. Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі.

Передача теплоти крізь одношарову та багатошарову плоскі стінки (граничні умови першого виду). Передача теплоти крізь одношарову та багатошарову циліндричні стінки (граничні умови першого виду).

##### Практичні заняття № 1, 2.

##### Тема 3. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.

Постановка та рішення задачі про охолодження необмеженої пластини. Аналіз рішення задачі про охолодження необмеженої пластини. Визначення кількості теплоти, відданої пластиною в процесі її охолодження.

##### Практичне заняття № 3.

#### Змістовий модуль 2. КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН. ТЕПЛООБМІН ВИПРОМІНЮВАННЯМ

##### Тема 4. Тепловіддача конвекцією при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом.

Рівняння Ньютона-Ріхмана. Поняття про гідродинамічний та тепловий пограничні шари. Визначення режиму руху середовища в пограничному шарі. Визначення коефіцієнта тепловіддачі при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом. Визначення теплового потоку при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом.

##### Практичне заняття № 4.

**Тема 5. Тепловіддача конвекцією при вільному рухові повітря.**

Тепловіддача при вільному рухові повітря на вертикальній поверхні в необмеженому просторі. Тепловіддача при вільному рухові повітря на плоскій горизонтальній поверхні в необмеженому просторі. Тепловіддача при вільному рухові повітря на горизонтальних трубах в необмеженому просторі. Тепловіддача при вільному рухові повітря в обмеженому просторі.

**Лабораторні заняття № 2, 3.****Тема 6. Тепловіддача конвекцією при вимушеному рухові рідини або газу в трубі.**

Поняття про ділянки гідродинамічної та теплової стабілізації. Визначення режиму руху рідини або газу в трубі. Визначення коефіцієнтів тепловіддачі при турбулентному та ламінарному режимах руху рідини або газу в трубі. Визначення теплового потоку при вимушеному рухові рідини або газу в трубі.

**Практичне заняття № 5.****Лабораторне заняття № 4.****Тема 7. Тепловіддача конвекцією при вимушеному поперечному обтіканні труби та пучка труб рідиною або газом.**

Характер руху рідини або газу при вимушеному поперечному обтіканні труби рідиною або газом. Визначення середнього по периметру труби коефіцієнта тепловіддачі при обтіканні труби поперечним потоком рідини або газу. Характер руху рідини або газу при вимушеному поперечному обтіканні пучка труб. Визначення середнього коефіцієнта тепловіддачі конвекцією пучка труб. Визначення теплового потоку при вимушеному поперечному обтіканні пучка труб рідиною або газом.

**Практичне заняття № 6.****Тема 8. Теплообмін випромінюванням.**

Основні поняття теплообміну випромінюванням. Основні закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням в діатермічному середовищі. Особливості променевого теплообміну в газах. Променевий теплообмін в пучках труб.

**Практичне заняття № 7.****Модуль 2****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 № 8.****Лабораторні заняття № 5 – 8.****Тема 10. Розрахунок площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату.**

Теплові баланси теплообмінних апаратів. Визначення площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату.

**Практичне заняття № 9.****Змістовий модуль 4. ТЕПЛООБМІН ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ. МАСООБМІН****Тема 11. Теплообмін при конденсації водяної пари.**

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. Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до поверхні теплообміну.

**Практичні заняття № 10, 11.**



**Тема 12. Тепло-і масообмін у двофазних середовищах**

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

**Практичні заняття № 12, 13.****Змістовий модуль 5. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ****Тема 13. Визначення товщини теплоізоляційного шару в конструкціях, що огороджують будівлі.**

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

**Практичне заняття № 14.****Тема 14. Аналіз тепловологісного стану огороджувальних конструкцій.**

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

**Практичні заняття № 15, 16.****Тема 15. Розрахункова оцінка повітропроникності огороджувальних конструкцій.**

Розрахунок повітропроникності світлопрозорих огороджувальних конструкцій. Розрахунок повітропроникності непрозорих огороджувальних конструкцій.

**Тема 16. Визначення показників теплостійкості огороджувальних конструкцій.**

Визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій в літній період року.

**Практичне заняття № 17.**

## 8. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п.	лаб	інд	с.р.
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Теплопровідність</b>						
Тема 1. Основні положення вчення про теплопровідність	7	2		2		5
Тема 2. Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі	18	2	4			10
Тема 3. Теплопровідність при нестаціонарному тепловому режимі	12	2	2			8
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>37</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>23</b>
<b>Змістовий модуль 2. Конвективний теплообмін. Теплообмін випромінюванням</b>						
Тема 4. Тепловіддача конвекцією при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом	7	2	2			3
Тема 5. Тепловіддача конвекцією при вільному рухові повітря	9	2		4		3
Тема 6. Тепловіддача конвекцією при вимушеному рухові рідини або газу в трубі	14	2	2	2		8
Тема 7. Тепловіддача конвекцією при вимушеному поперечному обтіканні труби та пучка труб рідиною або газом	7	2	2			3
Тема 8. Теплообмін випромінюванням	16	2	2			12
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>53</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>		<b>29</b>
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>8</b>		<b>52</b>
<b>Модуль 2</b>						
<b>Змістовий модуль 3.. Теплопередача</b>						
Тема 9. Теплопередача через плоску та циліндричну стінки	13	2	2	8		1
Тема 10. Розрахунок площі поверхні теплообміну водояного теплообмінного апарату	47	2	2		42	1
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>42</b>	<b>2</b>
<b>Змістовий модуль 4. Теплообмін при конденсації водяної пари. Масообмін</b>						
Тема 11. Теплообмін при конденсації водяної пари	16	2	4		8	2
Тема 12. Тепло-і масообмін у двофазних середовищах	18	4	4			10
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>12</b>
<b>Змістовий модуль 5. Проектування теплової ізоляції будівель</b>						
Тема 13. Визначення товщини теплоізоляційного шару в конструкціях, що огороджують будівлі	6	2	2			2
Тема 14. Аналіз тепловологісного стану огороджувальних конструкцій	9	2	4			3
Тема 15. Розрахункова оцінка повітропроникності огороджувальних конструкцій	5	2	1			2
Тема 16. Визначення показників теплостійкості огороджувальних конструкцій	6	2	1			3
<b>Разом за змістовим модулем 5</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>10</b>
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>120</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	<b>24</b>
<b>Усього годин</b>	<b>210</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>50</b>	<b>76</b>

### 9. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Семінарські заняття не передбачені	

### 10. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	<b>Розрахунок теплового потоку крізь одношарову та багатошарову плоскі стінки (граничні умови першого виду)</b> 1. Визначення теплового опору одношарової плоскої стінки. 2. Розрахунок теплового потоку крізь одношарову плоску стінку. 3. Обчислення теплового опору багатошарової плоскої стінки. 4. Розрахунок теплового потоку крізь багатошарову плоску стінку. 5. Визначення розподілу температури в багатошаровій плоскій стінці.	2
2	<b>Розрахунок теплового потоку крізь одношарову та багатошарову циліндричні стінки (граничні умови першого виду)</b> 1. Розрахунок лінійного теплового опору одношарової циліндричної стінки. 2. Обчислення теплового потоку крізь одношарову циліндричну стінку. 3. Визначення лінійного теплового опору багатошарової циліндричної стінки. 4. Обчислення теплового потоку крізь багатошарову циліндричну стінку. 5. Визначення розподілу температури в багатошаровій циліндричній стінці.	2
3	<b>Розрахунок температури всередині пластини при її охолодженні та кількості теплоти, відданої пластиною в цьому процесі</b> 1. Визначення температури всередині пластини при її охолодженні. 2. Обчислення кількості теплоти, відданої пластиною при її охолодженні.	2
4	<b>Визначення місцевих коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскій поверхні повітрям</b> 1. Розрахунок місцевих коефіцієнтів тепловіддачі при ламінарному режимі руху повітря. 2. Обчислення місцевих коефіцієнтів тепловіддачі при турбулентному режимі руху повітря.	2
5	<b>Розрахунок теплового потоку при вимушеному рухові води в трубі</b> 1. Визначення коефіцієнта тепловіддачі при вимушеному рухові води в трубі. 2. Обчислення теплового потоку при вимушеному рухові води в трубі.	2
6,7	<b>Розрахунок теплообміну конвекцією та випромінюванням при обтіканні димовими газами пучка труб</b> 1. Визначення середнього коефіцієнта тепловіддачі конвекцією від димових газів до зовнішніх поверхонь пучка труб. 2. Розрахунок середнього коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням від димових газів до зовнішніх поверхонь пучка труб. 3. Обчислення теплового потоку при обтіканні димовими газами пучка труб.	4

1	2	3
8	<p><b>Розрахунок теплового потоку крізь багат шарову плоску та циліндричну стінки (граничні умови третього виду)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначення опору теплопередачі тришарової плоскої стінки.</li> <li>2. Обчислення теплового потоку крізь тришарову плоску стінку.</li> <li>3. Визначення розподілу температури в тришаровій плоскій стінці.</li> <li>4. Розрахунок лінійного опору теплопередачі тришарової циліндричної стінки.</li> <li>5. Обчислення теплового потоку крізь тришарову циліндричну стінку.</li> <li>6. Визначення розподілу температури в тришаровій циліндричній стінці.</li> </ol>	2
9	<p><b>Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стінки теплообмінної труби водо-водяного теплообмінного апарату</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення коефіцієнта тепловіддачі від первинного теплоносія до внутрішньої поверхні стінки теплообмінної труби <math>\alpha_1</math>.</li> <li>2. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки теплообмінної труби до вторинного теплоносія <math>\alpha_2</math>.</li> <li>3. Обчислення коефіцієнта теплопередачі стінки теплообмінної труби водо-водяного теплообмінного апарату.</li> </ol>	2
10	<p><b>Розрахунок кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до вертикальної поверхні теплообміну</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення середнього по довжині вертикальної поверхні коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари.</li> <li>2. Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до вертикальної поверхні теплообміну.</li> </ol>	2
11	<p><b>Розрахунок кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до зовнішньої поверхні горизонтальної труби</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення середнього по довжині горизонтальної труби коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари.</li> <li>2. Визначення кількості теплоти, що передається від пари, яка конденсується, до горизонтальної труби.</li> </ol>	2
12, 13	<p><b>Розрахунок процесів тепло- і масообміну при випаровуванні вологи з відкритої поверхні</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення процесів тепло- і масообміну при випаровуванні вологи з поверхні при наявності вимушеної конвекції.</li> <li>2. Розрахунок процесів тепло- і масообміну при випаровуванні вологи з поверхні при наявності вільної конвекції.</li> </ol>	4
14	<p><b>Розрахунок товщини шару теплоізоляції конструкцій, що огорожують житлові та промислові будівлі</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення товщини шару теплоізоляції зовнішніх стін житлового будинку.</li> <li>2. Визначення товщини шару теплоізоляції зовнішніх стін промислової будівлі.</li> </ol>	2
15, 16	<p><b>Розрахункова оцінка тепловологісного стану зовнішньої стіни</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обчислення розподілу температури в зовнішній стіні житлового будинку в січні.</li> <li>2. Визначення розподілу парціального тиску насиченої водяної пари в стіні в січні.</li> <li>3. Обчислення розподілу парціального тиску водяної пари в стіні в січні.</li> <li>4. Визначення зони конденсації водяної пари в стіні.</li> <li>5. Розрахунок кількості вологи, що конденсується в стіні.</li> </ol>	4

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
17	<b>Розрахункова оцінка повітропроникності світлопрозорої огорожувальної конструкції.</b> Розрахункова оцінка повітропроникності віконного блока. <b>Визначення теплостійкості огорожувальної конструкції в літній період року</b> 1. Розрахунок амплітуди коливання зовнішнього повітря. 2. Обчислення величини затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в стіні. 3. Визначення амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні стіни.	2
	<b>Усього</b>	<b>34</b>

### 11. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності матеріалу	2
2	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі при вільному русі повітря біля вертикальної поверхні	2
3	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі при вільному русі повітря біля горизонтальної поверхні	2
4	Експериментальне визначення коефіцієнта тепловіддачі при вимушеному русі повітря в трубі	2
5,6	Експериментальне визначення втрат теплоти крізь плоску стінку (граничні умови третього виду)	4
7,8	Експериментальне визначення втрат теплоти крізь циліндричну стінку (граничні умови третього виду)	4
	<b>Усього</b>	<b>16</b>

### 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 занять;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- підготовка до виконання модульної контрольної роботи (тестування);
- відвідування консультацій (згідно графіку консультацій кафедри);
- підготовка до складання диференційованого заліку в 3-му семестрі та до екзамену в 4-му семестрі за контрольними питаннями.

**Питання  
для самостійного вивчення студентами**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Поняття про одномірне, двомірне тримірне, стаціонарне і нестаціонарне температурні поля.	1
2	Фактори, які впливають на коефіцієнт теплопровідності	1
3	Закон збереження енергії та спрощення при виведення диференціального рівняння теплопровідності	3
4	Визначення густини теплового потоку крізь одношарову та багатошарову плоскі стінки при граничних умовах першого виду. Визначення розподілу температури в багатошаровій плоскій стінці.	2
5	Диференціальне рівняння теплопровідності та умови однозначності при виведенні формули для визначення розподілу температури в одношаровій плоскій стінці при $\lambda = \text{const}$	4
6	Визначення розподілу температури в одношаровій плоскій стінці за умови $\lambda = f(t)$ .	2
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
8	Диференціальне рівняння теплопровідності та умови однозначності при виведенні формули для визначення розподілу температури в пластині при її охолодженні	4
9	Розподіл температури в пластині при різних значеннях критерію Біо за умови її охолодження і нагрівання	4
10	Визначення густини теплового потоку при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні рідиною або газом	3
11	Визначення густини теплового потоку при вільному рухові рідини або газу біля поверхні	3
12	Визначення густини теплового потоку при рухові рідини або газу в трубах	4
13	Особливості визначення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією при течії рідини або газу в трубах (каналах) з різною формою поперечного перерізу.	3
14	Особливості тепловіддачі у вигнутих трубах круглого поперечного перерізу	1
15	Визначення густини теплового потоку при вимушеному поперечному обтіканні пучків труб рідиною або газом	3
16	Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана, Закон Кірхгофа.	5
17	Теплообмін випромінюванням в системі тіл з плоскопаралельними поверхнями	4
18	Особливості випромінювання газів і пари	3
19	Визначення густини теплового потоку крізь багатошарову плоску та циліндричну стінки при граничних умовах третього виду	1
20	Алгоритм розрахунку площі поверхні теплообміну водо-водяного теплообмінного апарату	1
21	Визначення густини теплового потоку при конденсації водяної пари	1
22	Алгоритм розрахунку площі поверхні теплообміну паро-водяного теплообмінного апарату	1
23	Тепло- і масообмін при випаровуванні рідини у парогазове середовище	7
24	Тепло- і масообмін при конденсації рідини	3
25	Визначення товщини шару теплоізоляції конструкцій, що огорожують житлові, громадські та промислові будівлі	2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
26	Алгоритм визначення кількості вологи, накопиченої в конструкції за розрахунковий період	3
27	Визначення повітропроникності світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій	2
28	Алгоритм визначення теплостійкості зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року	3
	<b>Усього</b>	<b>76</b>

### 13. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота «Визначення площі поверхні теплообміну водо-водяного і паро-водяного теплообмінних апаратів» – 60 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. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація.

### 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 3-му семестрі у формі диференційованого заліку, в 4-му семестрі – у формі семестрового екзамену.

### 16. Розподіл балів, які отримують студенти

#### Модуль 1

Поточне оцінювання, тестування та самостійна робота								Диференційований залік	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
6	13	9	6	7	11	6	12	30	100

#### Модуль 2

Поточне оцінювання, тестування та самостійна й індивідуальна робота								Індивідуальне завдання	Семестровий екзамен	Сума
Змістовий модуль 3		Змістовий модуль 4		Змістовий модуль 5						
T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16			
5	2	4	9	2	4	2	2	20	50	100

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90 – 100	<b>A</b> – відмінно	<b>5</b> – відмінно
82 – 89	<b>B</b> – дуже добре	<b>4</b> – добре
74 – 81	<b>C</b> – добре	
64 – 73	<b>D</b> – задовільно	<b>3</b> – задовільно
60 – 63	<b>E</b> – достатньо	
35 – 59	<b>FX</b> – незадовільно з можливістю повторного складання	<b>2</b> – незадовільно
0 – 34	<b>F</b> – 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 3-му семестрі на поточний контроль відведено 70 балів, а 30 балів – на підсумковий контроль;
- при підсумковому контролі у вигляді екзамену в 4-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), виконання індивідуального завдання у 4 -му семестрі:

- до 70 балів (при семестровому контролі у вигляді диференційованого заліку в 3-му семестрі);
- до 50 балів (при підсумковому контролі у вигляді екзамену в 4-му семестрі).

Присутність на лекціях і практичних заняттях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене та лабораторне заняття мають бути відпрацьовані впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента на заняттях з 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 :

- не менше 35 балів у випадку диференційованого заліку у 3-му семестрі;
- не менше 25 балів у випадку екзамену у 4-му семестрі,

допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

**2. Підсумковий контроль** Підсумковим контролем у 3 семестрі є диференційований залік, у 4 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. Навчально-методичний комплекс дисципліни.
2. Методичні вказівки до практичних занять.
3. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи.
4. Методичні вказівки до лабораторних занять.



5. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів.
6. Матеріали для проміжного і підсумкового контролю знань студентів.
7. Правила модульно-рейтингового оцінювання знань із навчальної дисципліни.
8. Навчальний посібник у 2-х частинах.
9. Опорний конспект лекцій, в якому відображено теми, які не наведено у навчальному посібнику.

## **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. Теплотехніка: підручник / Б.Х. Драганов [та ін]. – К. : ІНКОС, 2005. – 504 с.
4. Філоненко О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель: навчальний посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – 328 с.

### **Допоміжна**

1. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче: учеб. пособие для вузов / Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
2. Теплопередача: учеб. для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінрегіон України, 2017. – 31 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 36 с.
6. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 13 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 50 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

## **19. Інформаційні ресурси**

Робоча програма навчальної дисципліни «Тепломасообмін (теплофізика)» для студентів денної форми навчання. Полтава, 2020 р.. (Електронна версія в електронній бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»).