

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

\_\_\_\_\_ О.С. Максименко  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА УСТАНОВКИ»**

( назва навчальної дисципліни)

підготовки **бакалавра**

(назва ступеня вищої освіти)

спеціальність **144 -Теплоенергетика**

(код і назва спеціальності)

**Полтава – 2020 рік**

Робоча програма «Теплотехнічні процеси та установки» для студентів

(назва навчальної дисципліни)

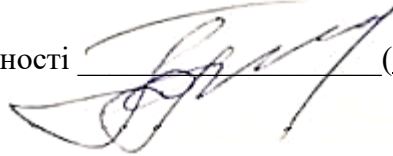
спеціальності 144 - Теплоенергетика.

Складена відповідно до освітньої програми бакалавра.

Розробники: Кутний Б.А., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук, доцент.

### Погоджено

Керівник групи забезпечення спеціальності \_\_\_\_\_ (Голік Ю.С.)

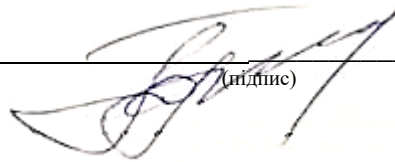


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Протокол від « 28 » серпня \_\_\_\_\_ 2020 року № 1

Завідувач кафедри  
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

« 28 » серпня \_\_\_\_\_ 2020 року



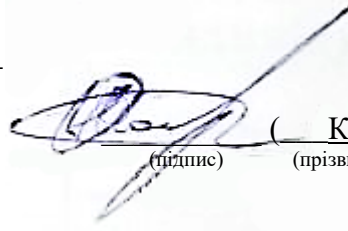
(Голік Ю.С.)  
(прізвище та ініціали)

Схвалено навчально-методичною радою інституту

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

Голова навчально-методичної ради

«     » \_\_\_\_\_ 2020 року



( Калюжний А.П. )  
(прізвище та ініціали)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>14 – електрична інженерія</u> (шифр і назва)	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність <u>144 – «Теплоенергетика»</u> (шифр і назва)	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 1		3-й	
Загальна кількість годин – 120		<b>Семестр</b>	
	6-й		
Індивідуальне завдання: не передбачено	Ступінь вищої освіти  <u>бакалавр</u>	<b>Лекції</b>	
		22 год.	
		<b>Практичні, семінарські заняття</b>	
		16 год.	
		<b>Лабораторні заняття</b>	
		10 год	
		<b>Самостійна робота</b>	
		72 год.	
		<b>Індивідуальна робота</b>	
-			
<b>Вид контролю: екзамен</b>			

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 48/72.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** викладання навчальної дисципліни «Теплотехнічні процеси та установки» є отримання студентами знань, які дозволяють вирішувати такі типові задачі діяльності і проблеми: вибір типових теплотехнологічних схем виробництва цільового продукту, або розробка такої схеми згідно з технічним завданням; розробка проекту теплотехнологічної установки з використанням типового обладнання; вибір або розробка заходів, що забезпечують функціонування устаткування з найвищою ефективністю. **Завдання дисципліни** – забезпечити необхідний рівень знань теплотехнологічних процесів, що застосовуються на підприємствах при виробництві кінцевого продукту.

### Компетентності за ОПП:

**ЗК2** здатність до обґрунтування прийнятих рішень в процесі виконання проектно-конструкторських та дослідницьких робіт;

**ЗК1** здатність використовувати базові знання з фізики, вищої математики, теоретичної механіки, термодинаміки, гідрогазодинаміки та нарисної геометрії для вирішення практичних задач в галузі теплоенергетики;

**ЗК3** здатність використовувати професійні знання для вирішення практичних задач в галузі теплоенергетики;

**ЗК5** здатність використовувати сучасні методи розрахунку, проектування та аналізу роботи теплоенергетичних установок;

**ФК12** здатність використовувати знання та уміння для розрахунку, дослідження, вибору, впровадження, ремонту та проектування теплоенергетичних систем та їх складових.

### Програмні результати навчання за ОПП:

**ПРН3** використовувати інформаційні технології та комунікаційні мережі для розв'язання теплоенергетичних завдань;

**ПРН5** вміти розробляти проекти у теплоенергетичній галузі діяльності та управляти комплексними діями щодо їх реалізації;

**ПРН8** здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів;

**ПРН10** 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.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисциплін, які мають бути вивчені раніше: «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Тепломасообмін», «Котельні установки промислових підприємств», «Джерела тепlopостачання промислових підприємств», «Системи розподілу і використання теплової енергії».

## 4. Очікувані результати навчання з дисципліни

**Завдання:** навчити студентів методам розрахунку та проектування теплотехнологічного обладнання промислових підприємств.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

- **знати:** основні властивості теплоносіїв, холодильних та сушильних агентів, вимоги до них, теоретичну основу і фізичну сутність теплотехнологічних процесів, основні схеми і конструкції установок, методи теплового, конструкторського, аеро- і гідродинамічного розрахунків та проектування теплотехнологічних установок, методи раціонального використання теплоти, палива, електроенергії і вторинних енергоресурсів при здійсненні теплотехнологічних процесів;

- **вміти:** виконувати розрахунки теплотехнологічних процесів, апаратів, установок, підбирати за довідковими даними основне і допоміжне обладнання, оцінювати теплотехнологічні процеси, апарати і установки з точки зору їх енергетичної ефективності і розробляти рекомендації для її покращення, організувати і провести дослідження процесу.

## 5. Критерії оцінювання результатів навчання

### Мінімальний поріг рівень оцінювання результатів навчання:

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
60-63	Е	Достатньо	Студент має певні знання матеріалу, передбаченого робочою програмою, володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	Середній, що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни

## 6. Засоби діагностики результатів навчання

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання є: екзамен; стандартизовані тести; презентація результатів виконаних практичних завдань; виконання завдань на лабораторному обладнанні.

## 7. Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Теплотехнічні процеси та установки

#### Тема 1. Основні види тепломасообмінних процесів. Лекція №1.

Вступ до дисципліни. Основні види промислових тепломасообмінних процесів і установок. Теплоносії. Властивості теплоносіїв. Класифікація теплоносіїв. Низько- і середньотемпературні теплоносії.

Практичне заняття № 1.

#### Тема 2. Теплообмінні процеси і апарати. Лекція № 2, 3.

Рекуперативні теплообмінники. Призначення, класифікація, конструктивні особливості. Методики розрахунку. Особливості розрахунку апаратів з оребренням. Теплові труби та термосифони. Апарати зі змішуванням теплоносіїв. Методи розрахунку. Регенеративні теплообмінні апарати. Конструкції та особливості розрахунків.

Практичне заняття № 2. Лабораторна робота № 1.

#### Тема 3. Випарні установки. Лекція № 4, 5.

Фізичні основи процесу випарювання. Способи задання складу розчину. Теплопередача в випарних апаратах. Схеми і конструкції випарних апаратів і установок. Класифікація випарних апаратів. Схеми багатоступеневих випарних установок (БВУ), їх розрахунок. Допоміжне обладнання випарних установок: конструкція, розрахунок, вибір.

Практичне заняття № 3. Лабораторна робота № 2.

#### Тема 4. Холодильні установки. Лекція № 6, 7.

Термодинамічні основи одержання холоду. Класифікація холодильних установок. Компресорні холодильні установки. Основи розрахунку. Абсорбційні холодильні установки. Методика розрахунку основних показників. Пароелектричні холодильні установки. Теплові насоси.

Практичні заняття № 4. Лабораторна робота № 3.

**Тема 5. Процеси видалення вологи з матеріалів. Лекція № 8, 9.**

Способи видалення вологи з матеріалів. Вологий матеріал як об'єкт сушіння. Зв'язок вологи з матеріалом. Характеристика сушильних агентів та вимоги до них. Матеріальний та тепловий баланси конвективної сушильної установки. Аналітичний і графоаналітичний методи розрахунку статички конвективного сушіння. Кінематика процесу сушіння. Періоди процесу сушіння. Основні поняття технології сушіння. Класифікація способів сушіння.

Практичні заняття № 5, 6. Лабораторна робота № 4.

**Тема 6. Конструкції сушильних установок. Лекція № 10.**

Класифікація сушильних установок. Типи, конструкції і основні технічні характеристики сушарок.

Практичні заняття № 7. Лабораторна робота № 5.

**Тема 7. Установки дистиляції та ректифікації. Лекція № 11.**

Дистиляційні установки. Принципові схеми ректифікаційних установок. Типи і конструкції ректифікаційних колон. Методика розрахунку числа тарілок в колоні. Матеріальний та тепловий баланси процесу ректифікації.

Практичні заняття № 8.

### 8. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма											
	усього	у тому числі										
		л	п	лаб	інд	с.р.						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Теплотехнічні процеси та установки</b>												
Тема 1. Основні види тепломасообмінних процесів.	14	2	2			10						
Тема 2. Теплообмінні процеси і апарати.	18	4	2	2		10						
Тема 3. Випарні установки.	18	4	2	2		10						
Тема 4. Холодильні установки	18	4	2	2		10						
Тема 5. Процеси видалення вологи з матеріалів.	20	4	4	2		10						
Тема 6. Конструкції сушильних установок.	16	2	2	2		10						
Тема 7. Установки дистиляції та ректифікації	16	2	2			12						
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>120</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>72</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>72</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
1	2	3
1	Основні види промислових тепломасообмінних процесів і установок. Теплоносії. Властивості теплоносіїв. Класифікація теплоносіїв.	2
2	Тепловий конструкторський розрахунок кожухотрубних водо-водяних теплообмінних апаратів	2
3	Тепловий конструкторський розрахунок кожухотрубних паро-водяних теплообмінних апаратів	2
4	Тепловий конструкторський розрахунок пластинчастих газоповітряних апаратів	2
5	Тепловий конструкторський розрахунок регенеративних теплообмінних апаратів	2
6	Тепловий розрахунок випарної установки	2
7	Тепловий розрахунок сушильної камери	2
8	Тепловий розрахунок дистилятора	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

Частина практичних занять може проводитися в комп'ютерному класі. Розрахунки виконуються з застосуванням відповідного програмного забезпечення (програми VENT ).

### 11. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження кожухотрубного водо-водяного теплообмінника	2
2	Дослідження регенеративного теплообмінного апарату	2
3	Дослідження роботи парокомпресійної холодильної установки	2
4	Дослідження видів вологи в матеріалах	2
5	Дослідження процесу сушіння деревини	2
	<b>Разом</b>	<b>10</b>

### 12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи студента є: навчитися користуватися бібліотечними фондами і каталогами, працювати з історичними та літературними джерелами, скласти 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 екзамену.

**Питання  
для самостійного вивчення студентами**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	Прискорена
	<b>Питання для самостійного вивчення студентами</b>		
1	Рекуперативні теплообмінні апарати	7	
2	Рекуперативні апарати періодичної дії	7	
3	Регенеративні апарати з псевдозрідженим шаром	7	
4	Теплообмінні апарати з безпосереднім контактом газів та рідин	7	
5	Технологічні схеми випарних установок	7	
6	Багатоступеневі компресійні холодильні установки	7	
7	Газові холодильні установки	7	
8	Термоелектричні холодильники	7	
9	Установки для сушіння твердих дисперсних матеріалів	8	
10	Установки для сушіння рідких матеріалів	8	
	<b>Разом</b>	<b>72</b>	

### 13. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачено виконання індивідуального завдання.

### 14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні, практичні методи навчання та комп'ютерні програми-симулятори.

Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій та інструктажів, практичні – при проведенні практичних занять.

Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь, пояснення та наочні методи: ілюстрація, демонстрація.

Перед проведенням практичних занять викладачами проводиться вступний інструктаж. Під час проведення практичних занять студенти вирішують багатоваріантні задачі та вчаться оперативно реагувати на зміну інтерактивного середовища.

### 15. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних та практичних занять і має за мету перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять визначається викладачем, що проводить заняття.

Модульний контроль проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять і має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формує цей модуль. Модульний контроль реалізується шляхом узагальнення результатів поточного контролю знань і проведення спеціальних контрольних заходів.

Номер та назва змістового модуля	Форма контролю	Час проведення
<b>Змістовий модуль 1.</b> Теплотехнічні процеси та установки	Тестування	Практичне заняття № 8

Підсумковий контроль – екзамен, проводиться в формі тестування.

За власним бажанням студента, після складання тесту, з метою уточнення оцінки він може відповісти на 1-2 додаткових запитання (за вибором викладача).



Організація МРОЗ студентів із конкретної навчальної дисципліни регламентується «Правилами модульно-рейтингового оцінювання знань із навчальної дисципліни», які затверджуються рішенням кафедри.

### 16. Розподіл балів, які отримують студенти впродовж семестру

Поточне тестування та самостійна робота								Індивідуальне завдання	Екзамен	Сума	
Змістовий модуль №1											
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7					
5	10	10	10	10	10	5			-	40	100

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену
90 – 100	<b>A</b>	5 – відмінно
82-89	<b>B</b>	4 – добре
74-81	<b>C</b>	
64-73	<b>D</b>	3 – задовільно
60-63	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	2 – незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	2 – незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів. За видами робіт вона розподіляється:

**1. Поточний контроль:** виконання практичних та лабораторних завдань (з захистом) – до 60 балів (до 5 балів за кожне практичне заняття: відсутність на занятті без поважної причини або отримання оцінки «незадовільно» – 0 балів, виконання відповідних завдань без отримання оцінки – 1 бал, отримання оцінки «задовільно» – 3 бали, «добре» – 4 бали, «відмінно» – 5 балів).

**2. Індивідуальне завдання:** не передбачене.

#### 3. Підсумковий контроль:

Екзамен – 40 балів. Студент вважається допущеним до підсумкового контролю за дисципліну, якщо виконав усі види робіт згідно із робочою навчальною програмою, та загальна сума балів за попередні звіти не менше 25 балів (що відповідає результату FX за шкалою ECTS). У разі невиконання цих вимог студент отримує незадовільну оцінку і має право на два перескладання: перше – викладачу, друге – комісії, створеній деканом факультету. У випадку успішного перескладання підсумкового контролю студентом, він отримує мінімальну задовільну оцінку (60-63 балу – результат E за шкалою ECTS).

Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену. Кількість набраних балів визначається пропорційно відсотку правильних відповідей на тестові запитання з урахуванням їх вагового множника.

### 17. Методичне забезпечення

1. Б.А. Кутний Курс лекцій з дисципліни “Теплотехнічні процеси та установки”, Полтава, ПНТУ, 2020 р. – 51 с.

2. Б.А.Кутний Програма для комп'ютерних розрахунків "VENT", Полтава, НУПП ім. Ю. Кондратюка, 2020 р.
3. Б.А. Кутний Методичні вказівки до самостійної з курсу «Теплотехнічні процеси та установки» для студентів спеціальності «Теплоенергетика» денної і прискореної форм навчання. – 2020 р. –25с.
4. Б.А. Кутний Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Теплотехнічні процеси та установки» для студентів спеціальності «Теплоенергетика» денної і прискореної форм навчання. – 2020 р. –25с.

## **18. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Куба В.В., Середа В.В. Теплотехнологічні процеси та установки. Розділ «Установка сушильна тунельна». Практикум. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2018. – 82с.
2. Промышленные тепломасообменные процессы и установки: учеб. Для вузов / А.М. Бакластов, В. А. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; под ред. А.М. Бакластова. – М. : Энергоатомиздат, 2016. – 328 с.
3. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справ. / А.М. Бакластов, В.М. Бродянский, Б.П. Голубев и др.; под общ. Ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 552 с.
4. Мінаковський В.М. Теплотехнологічні процеси та установки: посіб. /В.М. Мінаковський. – К.: НТУУ «КПІ», 2019. – 128 с.
5. Муштаев В.И. Сушка дисперсных материалов / В.И. Муштаев, М. Ульянов. – М.: Химия, 2017. – 352 с.

### **Допоміжна**

1. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справ. / Под общ. Ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 560с.
2. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. – М.: Энергия, 1972. – 320с.
3. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1986. – 530с.

## **19. Інформаційні ресурси**

Б. А. Кутний. Робоча програма навчальної дисципліни «Теплотехнічні процеси та установки» для студентів денної форми навчання спеціальності 144 -Теплоенергетика. – Полтава, 2020. – 10 с. (Електронна версія – в електронній бібліотеці НУПП ім. Ю. Кондратюка).

Електронна версія методичних вказівок, представлених в п. 17, знаходиться в електронній бібліотеці ПолтНТУ.