

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор з науково-педагогічної  
та навчальної роботи

Б.О. Коробко

08 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПАРОСИЛОВІ УСТАНОВКИ»

(назва навчальної дисципліни)

підготовки бакалавра

(назва ступеня вищої освіти)

спеціальності 144 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

(шифр і назва спеціальності)

Полтава  
2022 рік


*Василь*

Робоча програма навчальної дисципліни «Технічна термодинаміка та паросилові установки» для студентів денної форми навчання спеціальності 144 Теплоенергетика.  
Складена відповідно до освітньо-професійної програми бакалавра «Теплоенергетика»

Розробник: Колієнко А.Г., професор кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук,  
Череднікова О.В., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук

Погоджено

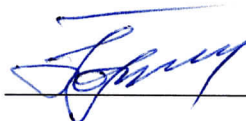
Гарант освітньої-професійної програми

 (Кутний Б.А.)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Протокол від «2» серпня 2022 року № 1

Завідувач кафедри  
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики


 (Голік Ю.С.)

«2» серпня 2022 року

Схвалено навчально-методичною комісією інституту

Протокол від « 2 » серпня 2022 року № 1

Голова навчально-методичної комісії

 (Калюжний А.П.)

«2» серпня 2022 року

©Колієнко А.Г., 2022 рік  
©Череднікова О.В., 2022 рік  
© Національний університет  
імені Юрія Кондратюка, 2022 рік

### 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників   | Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти             | Характеристика навчальної дисципліни |         |         |
|---|---|--------------------------------------|---------|---------|
|   |   | денна форма навчання                 |         |         |
| Кількість кредитів –12  | Галузь знань<br><u>14</u><br>Електрична інженерія             | обов'язкова                          |         |         |
| Загальна кількість годин – 360  |   |                                      |         |         |
| Модулів – 2   | Спеціальність<br><u>144 Теплоенергетика</u><br>(шифр і назва) | <b>Рік підготовки:</b>               |         |         |
| Змістових модулів – 3   |   | 1-й                                  | 2-й     |         |
|   | <b>Семестр</b>  |                                      |         |         |
|   | 2-й   | 3-й                                  | 4-й     |         |
| Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота «Суміші ідеальних газів, процеси зміни параметрів ідеальних газів та рівняння стану реальних газів та цикли теплових двигунів» - 48 год. | Ступінь вищої освіти<br><br><u>бакалавр</u>                   | <b>Лекції</b>                        |         |         |
|   |   | 24 год.                              | 26 год. | 24 год. |
|   |   | <b>Практичні</b>                     |         |         |
|   |   | 14 год.                              | 14 год. | 14 год. |
|   |   | <b>Лабораторні</b>                   |         |         |
|   |   | 10 год.                              | 8 год.  | 10 год. |
|   |   | <b>Самостійна робота</b>             |         |         |
|   |   | 72 год.                              | 24 год. | 72 год. |
|   |   | <b>Індивідуальна робота:</b>         |         |         |
|   |   | -                                    | 48 год. | -       |
|   |   | <b>Вид контролю:</b>                 |         |         |
|   |   | залік                                | екзамен | екзамен |

#### Примітка:

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

для денної форми навчання – 144/216.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** надання студентам знань з основних видів робочих тіл, що використовуються в теплоенергетиці і їх теплофізичних властивостей; з принципів облаштування комбінованих процесів вироблення теплової і електричної енергії, побудови і розрахунків паросилових циклів, роботи паросилових установок і процесів у теплоенергетиці, формування у студентів системи знань, необхідних для розробки і розрахунку паросилових циклів і методів підвищення ефективності їх роботи, скорочення витрат первинних енергоносіїв, впровадження енерго- і природозберігаючих технологій при виробленні теплової і електричної енергії.

### Компетентності за ОПП:

**ЗК 3** – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**ЗК 4** – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

**ЗК 5** – навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.;

**ЗК 6** – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

**ЗК 7** – здатність працювати в команді.

**ЗК 11** – здатність до збереження навколишнього середовища та безпечної діяльності.

**ФК1**–здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

**ФК3** – здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання

**ФК7**–здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисциплін, які мають бути вивчені раніше: «Вища математика», «Фізика».

## 4. Очікувані результати навчання з дисципліни:

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

**РН 4** – аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики

**РН5** – обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

**РН 6** – виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень

**РН 7** – розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти.

**РН 8** – застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики.

**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.

**РН12** – розуміти ключові аспекти та концепції теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

**РН14** – мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

**РН 18** – вміти керувати професійною діяльністю, участі у роботі над проектами, відповідальності за прийняття рішень у сфері теплоенергетики.

### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

| Сума балів | Значення ЄКТС | Оцінка  | Критерій оцінювання   | Рівень компетентності   |
|------------|---------------|---|---|---|
| 90 – 100   | A             | Відмінно  | Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обгрунтовано 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.  | <b>Високий</b> , що повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.       |
| 82 – 89    | B             | Добре   | Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною.   | <b>Достатній</b> , що забезпечує Здобувачу самостійне вирішення основних практичних задач.                                  |
| 74 - 81    | C             | Добре   | Здобувач загалом добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідають робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та використовує для рішення характерних/типових практичних завдань на професійному рівні. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.  | <b>Достатній</b> , конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни.                                   |
| 64 - 73    | D             | Задовільно  | Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядалися з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.   | <b>Середній</b> , що забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни.                         |
| 60 – 63    | E             | Достатньо   | Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. 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. | <b>Середній</b> , що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни.  |
| 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, необгрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.  | <b>Низький</b> , 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.   | <b>Незадовільний</b> , Здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни. |

## 6. Засоби діагностики результатів навчання

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання є: диференційований залік (2-й семестр) та екзамен (3-й та 4-й семестр); стандартизовані тести; розрахунково-графічна робота, презентація результатів виконаних практичних завдань. презентації результатів виконаних завдань та досліджень; аналітичні звіти, реферати; моделювання термодинамічних процесів за допомогою комп'ютерних програм, діаграм стану робочих тіл.

## 7. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1. Технічна термодинаміка.

#### Змістовий модуль 1. Термодинамічні процеси для ідеальних та реальних газів.

##### Тема 1. Основні поняття. Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи.

Термодинаміка, як наука про зміни стану енергії. Робоче тіло. Основні термодинамічні параметри: температура, тиск, питомий об'єм. Рівняння стану системи. Теплоємність. Теплота. Робота. Внутрішня енергія. Ентропія. Ентальпія.

*Лабораторні заняття № 1-4.*

*Практичне заняття № 1.*

##### Тема 2. Суміш ідеальних газів. Перший і другий закони термодинаміки.

Основні поняття. Способи завдання суміші газів. Співвідношення між масовими та об'ємними частками. Парціальний тиск. Закон еквівалентності теплоти і роботи. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Другий закони термодинаміки. Термічний ККД. Закон збільшення ентропії. Цикл Карно.

*Практичне заняття № 2.*

##### Тема 3. Процеси зміни параметрів ідеального газу. Рівняння стану реальних газів.

Основні термодинамічні процеси. Зворотні, не зворотні процеси. Рівноважні, не рівноважні процеси. Визначення основних характеристик термодинамічних процесів. Коефіцієнт стиснення газу. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Фазові стани реального газу. Пружність насиченого газу. Теплота пароутворення та конденсації.

*Практичне заняття № 3-4.*

##### Тема 4. Перший закон термодинаміки для реальних газів. Стискування газів у компресорах.

Ізохорний процес зміни стану газу. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Одноступеневий та багатоступеневий компресор. Показник стискування компресора. Робота ідеального компресора.

*Практичне заняття № 5.*

##### Тема 5. Процеси адіабатного руху газу в потоці й витікання газу. Дроселювання газів і пари.

Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Форми каналів для формування потоку. Критичний показник розширення газу. Швидкість витікання газів. Коефіцієнт швидкості. Рівняння процесу дроселювання. Дослідження процесів дроселювання. Змішування газів.

*Практичні заняття № 6-7.*

*Лабораторне заняття № 4.*

#### Змістовий модуль 2. Вологі гази і повітря. Термодинамічні цикли.

**Тема 6. Вологі газу і повітря.**

Вологе повітря, як суміш сухого повітря та водяної пари. Абсолютна та відносна вологість повітря. Точка роси. I–d діаграма вологого повітря. Процеси зміни стану повітря. Розрахунок процесів, зображення на I–d діаграмі.

*Практичні заняття № 8-10.*

*Лабораторне заняття № 6-9.*

**Тема 7. Цикли теплових двигунів. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання.**

Загальні відомості. Цикл Отто. Цикл Дізеля. Цикл Тринклера.

*Практичне заняття № 11*

**Тема 8. Цикли холодильних машин.**

Зворотній тепловий цикл. Холодильний коефіцієнт. Цикл ідеальної холодильної машини. Цикл парової компресорної холодильної машини. Цикл газової холодильної машини. Цикл теплової помпи.

*Практичне заняття № 12-14*

**Тема 9. Цикли паросилових установок.**

Термодинамічні основи теплофікації. Цикл Ренкіна.

**Модуль 2. Паросилові установки.**

**Змістовий модуль 3. Водяна пара як робоче тіло у теплофікаційних установках, розрахунки процесів, підвищення їх ефективності.**

**Тема 1. Теплоносії і робочі тіла у високотемпературних процесах і установках.**

Види робочих тіл і теплоносіїв. Вимоги, які пред'являються до робочих тіл. Класифікація робочих тіл, енергоносіїв і теплотехнічних установок. Основні види робочих тіл і теплотехнічних установок. Склад продуктів згорання як одного із видів робочих тіл.

**Практичне заняття №1**

**Тема 2. Теплогенерувальні і парогенерувальні пристрої систем теплопостачання і теплоенергетики (водогрійні і парові котли).**

Класифікація. Матеріальний і тепловий баланс печей і котлів. Детальний розгляд матеріального балансу.

**Практичне заняття №2.**

**Тема 3. Водяна пара, як робоче тіло у теплотехнічних пристроях для генерації теплової і електричної енергії.**

Основні властивості водяної пари. Класифікація видів водяної пари. Параметри, які характеризують стан водяної пари.

**Лабораторне заняття № 1.**

**Тема 4. Діаграми стану водяної пари, їх побудова.**

Робота з діаграмами стану водяної пари. Визначення параметрів водяної пари за допомогою діаграм стану водяної пари.

**Практичне заняття №3.**

**Тема 5. Процеси зміни стану водяної пари.**

Побудова процесів зміни стану на діаграмах стану водяної пари. Розрахунки параметрів водяної пари. Визначення основних функцій. Ізобарні і адіабатні процеси.

**Лабораторне заняття № 2.****Тема 6. Процеси зміни стану водяної пари.**

Побудова процесів зміни стану на діаграмах стану водяної пари. Розрахунки параметрів водяної пари. Визначення основних функцій. Ізотермічні і ізентальпні процеси.

**Практичне заняття №4.****Тема 7. Основні цикли паросилових установок.**

Термодинамічні основи теплофікації. Схема паросилової установки. Способи підвищення ефективності паросилових установок - когенераційний бінарний цикл. Цикл з проміжним перегріванням пари. Цикл з проміжними теплообмінниками.

**Лабораторне заняття № 3.****Тема 8. Розрахунок паросилового теплофікаційного циклу.**

Побудова теплофікаційного циклу на діаграмах стану. Розрахунок основних процесів теплофікаційного циклу. Визначення показників ефективності теплофікаційного циклу. Переваги і недоліки теплофікаційного циклу. Умови використання теплофікаційного циклу в теплоенергетиці

**Практичне заняття № 5.****Тема 9. Розрахунок паросилового конденсаційного циклу.**

Побудова конденсаційного циклу на діаграмах стану. Розрахунок основних процесів конденсаційного циклу. Визначення показників ефективності конденсаційного циклу. Переваги і недоліки конденсаційного циклу. Умови використання конденсаційного циклу в теплоенергетиці. Порівняння конденсаційного і теплофікаційного циклів.

**Лабораторне заняття № 4.****Тема 10. Конструкції і розрахунок парових турбін. Конструкції конденсаторів, градирень і іншого обладнання паросилового циклу.**

Виконання розрахунків основного і допоміжного обладнання паросилових циклів.

**Практичне заняття № 6.****Тема 11. Підвищення енергетичної ефективності роботи паросилових установок.**

Основні засади способів підвищення ефективності паросилових циклів. Цикл з проміжним перегріванням пари, регенеративний цикл.

. парогазові цикли. Сучасні цикли на основі органічного циклу Ренкіна.

**Лабораторне заняття № 5.****Тема 12. Енергоефективні паросилові цикли. Когенераційні установки.**

Методи підвищення енергетичної ефективності паросилових циклів. Парогазові цикли, цикли когенераційних машин. Сучасні цикли на основі органічного циклу Ренкіна.

**Практичне заняття №7****8. Структура навчальної дисципліни**

| Назви змістових модулів і тем  | Кількість годин |              |     |     |      |    |
|--|-----------------|--------------|-----|-----|------|----|
|  | денна форма     |              |     |     |      |    |
|  | усього          | у тому числі |     |     |      |    |
| л  |                 | п            | лаб | інд | с.р. |    |
| 1  | 2               | 3            | 4   | 5   | 6    | 7  |
| <b>Модуль 1. Технічна термодинаміка.</b>   |                 |              |     |     |      |    |
| <b>Змістовий модуль 1. Термодинамічні процеси для ідеальних та реальних газів.</b> |                 |              |     |     |      |    |
| Тема 1. Основні поняття. Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи.   | 28              | 6            | 2   | 8   | 0    | 12 |



|   |            |           |           |           |           |            |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Тема 2. Суміш ідеальних газів. Перший і другий закони термодинаміки.  | 30         | 4         | 2         | 0         | 0         | 24         |
| Тема 3. Процеси зміни параметрів ідеального газу. Рівняння стану реальних газів.  | 20         | 4         | 4         | 0         | 0         | 12         |
| Тема 4. Перший закон термодинаміки для реальних газів. Стискування газів у компресорах.   | 20         | 6         | 2         | 0         | 0         | 12         |
| Тема 5. Процеси адіабатного руху газу в потоці й витікання газу. Дроселювання газів і пари.   | 22         | 4         | 4         | 2         | 0         | 12         |
| <b>Разом за змістовим модулем 1.</b>  | <b>120</b> | <b>24</b> | <b>14</b> | <b>10</b> | <b>0</b>  | <b>72</b>  |
| <b>Змістовий модуль 2. Вологі гази і повітря. Термодинамічні цикли</b>  |            |           |           |           |           |            |
| Тема 6. Вологі гази і повітря.  | 44         | 8         | 6         | 8         | 16        | 6          |
| Тема 7. Цикли теплових двигунів. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання.  | 30         | 6         | 2         | 0         | 16        | 6          |
| Тема 8. Цикли холодильних машин. Цикли паросилових установок.   | 34         | 6         | 6         | 0         | 16        | 6          |
| Тема 9. Цикли паросилових установок.  | 12         | 6         | 0         | 0         | 0         | 6          |
| <b>Разом за змістовим модулем 2.</b>  | <b>120</b> | <b>26</b> | <b>14</b> | <b>8</b>  | <b>48</b> | <b>24</b>  |
| <b>Усього годин за модулем 1.</b>   | <b>240</b> | <b>50</b> | <b>28</b> | <b>18</b> | <b>48</b> | <b>96</b>  |
| <b>Модуль 2. Паросилові установки.</b>  |            |           |           |           |           |            |
| <b>Змістовий модуль 3. Робочі тіла в теплотехнічних установках, печі і котли як об'єкти теплоенергетики, теплові і матеріальні баланси, підвищення ефективності роботи; водяна пара як робоче тіло у теплофікаційних установках, розрахунки процесів, підвищення їх ефективності.</b> |            |           |           |           |           |            |
| Тема 1. Теплоносії і робочі тіла у високотемпературних процесах і установках.   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 2. Теплогенерувальні і парогенерувальні пристрої систем теплопостачання і теплоенергетики (водогрійні і парові котли).   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 3. Водяна пара, як робоче тіло у теплотехнічних пристроях для генерації теплової і електричної енергії.  | 10         | 2         | -         | 2         | -         | 6          |
| Тема 4. Діаграми стану водяної пари, їх побудова.   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 5. Процеси зміни стану водяної пари.   | 10         | 2         | -         | 2         | -         | 6          |
| Тема 6. Процеси зміни стану водяної пари.   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 7. Основні цикли паросилових установок.  | 10         | 2         | -         | 2         | -         | 6          |
| Тема 8. Розрахунок паросилового теплофікаційного циклу.   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 9. Розрахунок паросилового конденсаційного циклу.  | 10         | 2         | -         | 2         | -         | 6          |
| Тема 10. Конструкції і розрахунок парових турбін. Конструкції конденсаторів, градирень і іншого обладнання паросилового циклу.  | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| Тема 11. Підвищення енергетичної ефективності роботи паросилових установок  | 10         | 2         | -         | 2         | -         | 6          |
| Тема 12. Енергоефективні паросилові цикли. Когенераційні цикли.   | 10         | 2         | 2         | -         | -         | 6          |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b>   | <b>120</b> | <b>24</b> | <b>14</b> | <b>10</b> | <b>-</b>  | <b>72</b>  |
| <b>Усього</b>   | <b>360</b> | <b>74</b> | <b>42</b> | <b>28</b> | <b>48</b> | <b>168</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>Модуль 1</b>   |                 |
| 1     | Основні поняття. Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи.  | 2               |
| 2     | Суміш ідеальних газів. Перший і другий закони термодинаміки.  | 2               |
| 3     | Процеси зміни параметрів ідеального газу. Рівняння стану реальних газів.  | 2               |
| 4     | Цикли ідеальних газів.  | 2               |
| 5     | Перший закон термодинаміки для реальних газів. Стискування газів у компресорах.   | 2               |
| 6     | Процеси адіабатного руху газу в потоці й витікання газу.  | 2               |
| 7     | Дроселювання газів і пари.  | 2               |
| 8     | Вологі гази і повітря.  | 2               |
| 9     | Процеси вологого повітря.   | 2               |
| 10    | Процеси зміни стану повітря. Розрахунок процесів, зображення на I–d діаграмі.   |                 |
| 11    | Цикли теплових двигунів. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання.  | 2               |
| 12    | Цикл ідеальної холодильної машини.  | 4               |
| 13    | Цикли холодильних машин.  | 2               |
| 14    | Цикл теплової помпи.  | 2               |
|       | <b>Усього модуль 1</b>  | <b>28</b>       |
|       | <b>Модуль 2</b>   |                 |
| 1     | Визначення параметрів робочого тіла<br>1. Визначення температури, тиску, об'єму робочого тіла за різних умов: дійсних нормальних і стандартних.<br>2. Визначення теплоти згорання енергоносіїв  | 2               |
| 2     | Визначення основних параметрів стану водяної пари за допомогою діаграм стану.<br>Ознайомлення із побудовою діаграм стану водяної пари. Знаходження стану водяної пари за відомими параметрами. Визначення невідомих параметрів водяної пари за допомогою діаграм стану. | 2               |
| 3     | Побудова елементарних процесів паросилового циклу на діаграмах стану водяної пари.<br>Побудова і розрахунок адіабатного, ізохорного, процесу зміни стану водяної пари на діаграм T-S, i-S і P-V   | 2               |
| 4     | Побудова елементарних процесів паросилового циклу на діаграмах стану водяної пари.<br>Побудова і розрахунок, ізобарного, процесу зміни стану водяної пари на діаграм T-S, i-S і P-V   | 1               |
|       | Побудова елементарних процесів паросилового циклу на діаграмах стану водяної пари.<br>Побудова і розрахунок ізотермічного процесу зміни стану водяної пари на діаграм T-S, i-S і P-V  | 1               |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 5 | Побудова циклів паросилових установок на діаграмах стану водяної пари. Побудова паросилових циклів в діаграмах стану. Визначення основних характеристик паросилового циклу ТЕС. | 2         |
| 6 | Побудова циклів паросилових установок на діаграмах стану водяної пари. Побудова паросилових циклів в діаграмах стану. Визначення основних характеристик паросилового циклу КЕС. | 2         |
| 7 | Розрахунок показників ефективності роботи паросилового циклу- ККД, коефіцієнту використання палива питомих витрат палива і пари   | 2         |
|   | <b>Усього модуль 2</b>  | <b>14</b> |
|   | <b>Усього</b>   | <b>42</b> |

### 11. Теми лабораторних занять

| № з/п           | Назва теми   | Кількість годин |
|-----------------|--|-----------------|
| <b>Модуль 1</b> |  |                 |
| 1               | Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи. Температура.   | 2               |
| 2               | Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи. Прилади вимірювання температури.   | 2               |
| 3               | Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи. Тиск.  | 2               |
| 4               | Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи. Прилади вимірювання тиску.   | 2               |
| 5               | Визначення швидкості повітря за допомогою крильчастого і чашкового анемометрів   | 2               |
| 6               | Визначення теплоємності повітря в ізобарному процесі.  | 2               |
| 7               | Визначення відносної вологості повітря аспіраційним психрометром   | 2               |
| 8               | Визначення відносної вологості повітря аспіраційним психрометром за I-d діаграмою.   | 2               |
| 9               | Адіабатне зволоження повітря в зрошувальних камерах  | 2               |
|                 | Усього за модулем 1  | <b>18</b>       |
| <b>Модуль 2</b> |  |                 |
| 1               | Визначення параметрів стану і характеристик процесів зміни стану робочого тіла в теплоенергетиці .   | 2               |
| 2               | Дослідження процесу витікання і дроселювання робочого тіла   | 2               |
| 3               | Визначення основних параметрів води і водяної пари   | 2               |
| 4               | Визначення оптимальної температури проміжного перегрівання пари у паросиловому циклі   | 2               |
| 5               | Використання сучасних комп'ютерних програм для побудови циклів комбінованого вироблення теплової і електричної енергії. Робота з програмами. Робота з комп'ютерними програмами стану робочого тіла. Визначення параметрів циклів з підвищеною енергетичною ефективністю. | 2               |
|                 | Усього за модулем 2  | <b>10</b>       |
|                 | <b>Разом</b>   | <b>28</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;
- 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 іспиту за контрольними питаннями.

#### Питання для самостійного вивчення студентами

| № з/п           | Назва теми   | Кількість годин |
|-----------------|--|-----------------|
| <b>Модуль 1</b> |  |                 |
| 1               | Основні диференціальні рівняння термодинаміки  | 12              |
| 2               | Властивості характеристичних функцій   | 12              |
| 3               | Фізичний зміст ізобарно-ізотермічного потенціалу. Енергія Гіббса.  | 12              |
| 4               | Межі застосування другого закону термодинаміки   | 12              |
| 5               | Абсолютний нуль та третій закон термодинаміки.   | 12              |
| 6               | Загальні умови стану рівноваги термодинамічних систем  | 12              |
| 7               | Стан термодинамічної рівноваги однорідних систем   | 6               |
| 8               | Умови рівноваги багатозфазних систем   | 6               |
| 9               | Визначення ефективного коефіцієнту корисної дії теплоелектроцентралі   | 6               |
| 10              | Вплив основних параметрів на величину коефіцієнту корисної дії циклу Ренкіна   | 6               |
|                 | Усього за модулем 1  | <b>96</b>       |
| <b>Модуль 2</b> |  |                 |
| 1               | Прочитати і усвідомити одиниці вимірювання усіх термодинамічних параметрів, котрі характеризують стан водяної пари у різних системах одиниць вимірювання.  | 3               |
| 2               | Прочитати і усвідомити принципові відмінності визначення термодинамічних параметрів і функцій для ідеального робочого тіла і водяної пари як реального робочого тіла.  | 4               |
| 3               | Вивчити і знати розрахункові залежності для визначення основних параметрів і функцій, що характеризують стан і процеси зміни стану водяної пари від рідкої фази до пароподібної.   | 4               |
| 4               | Виконати розрахунки основних параметрів і функцій, що характеризують водяну пару у різних фазових станах: роботу, внутрішню енергію, ентальпію, ентропію   | 4               |
| 5               | Освоїти роботу з діаграмами стану водяної пари. Виконати розрахунки параметрів водяної пари за заданими величинами тиску насиченої пари, тиску і температури перегрітої пари, включаючи ентальпію, ентропію, ступінь сухості за допомогою діаграм стану. | 4               |
| 6               | Виконати побудову паросилового циклу конденсаційної електростанції, визначити параметри основних характерних точок циклу   | 4               |
| 7               | Визначити характеристики основних процесів конденсаційного теплофікаційного циклу, які потрібні для обрахунку ККД циклу.   | 3               |
| 8               | Виконати побудову паросилового циклу ТЕЦ. Визначити характеристики основних точок циклу за допомогою діаграм стану.  | 4               |
| 9               | Ознайомитись з методикою визначення основних питомих показників ефективності роботи паросилового циклу   | 4               |
| 10              | Вивчити класифікацію парових турбін паросилових циклів. Знати  | 5               |

|    |  |            |
|----|--|------------|
|    | конструкцію турбін   |            |
| 11 | Виконати огляд з питання про способи підвищення ефективності роботи високотемпературних теплотехнічних установок. Виконати оцінку ефективності заходів.  | 5          |
| 12 | Ознайомитись з характеристиками альтернативних робочих тіл, які використовуються в органічному циклі Ренкіна.  | 4          |
| 13 | Знайти інформацію з питання про обмеження функціонування паросилових циклів і про існуючі способи подолання таких обмежень   | 4          |
| 14 | Вивчити питання про способи підвищення ефективності роботи установок комбінованого вироблення теплової і електричної енергії, скорочення видів викопного палива і зменшення забруднення довкілля | 7          |
| 15 | Вивчити схеми реалізації комбінованого бінарного парогазового циклу електричних станцій  | 5          |
| 16 | Виконати аналітичний огляд питання зі способів використання скидного тепла і біопалива для вироблення електричної енергії  | 8          |
|    | Усього за модулем 2  | <b>72</b>  |
|    | <b>Разом</b>   | <b>168</b> |

### 13. Індивідуальні завдання

**Виконання розрахунково-графічної роботи «Суміші ідеальних газів, процеси зміни параметрів ідеальних газів та рівняння стану реальних газів та цикли теплових двигунів» в третьому семестрі.**

Загальний обсяг часу на індивідуальну роботу складає 48 год.

За цей час студент виконує обов'язкове завдання, яке має на меті закріплення навичок, отриманих при вивченні теоретичного курсу та виконанні завдань практичних занять. Охоплює навчальний матеріал усього курсу.

Робота виконується відповідно до методичних рекомендацій, наведених у [4].

### 14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, практичних занять, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи.

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 для визначення теплотехнічних характеристик робочих тіл.

### 15. Методи контролю

Поточний контроль успішності засвоєння студентами навчального матеріалу може здійснюватися шляхом опитування й оцінювання знань студентів під час самостійної роботи та індивідуальних завдань, проведення і перевірки письмових контрольних робіт, тестування або в ході індивідуальних співбесід зі студентами під час консультацій. Вибір конкретних форм і методів поточного контролю знань студентів залежить від викладача і доводиться до їхнього відома на першому лекційному 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 чи написання студентами контрольних робіт), проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять, під час групових консультацій або ж за рахунок часу, відведеного на самостійну роботу студентів. На підставі результатів модульного контролю здійснюється міжсесійний контроль (атестація).

Підсумковий контроль другого семестру здійснюється у формі *диференційованого*

заліку, третього, четвертого семестрів - у формі семестрового екзамену.

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

| Поточне оцінювання, тестування та самостійна й індивідуальна робота |    |    |    |    | Індивідуальні завдання | Диференційований залік | Сума |
|---|----|----|----|----|------------------------|------------------------|------|
| Змістовий модуль 1  |    |    |    |    |                        |                        |      |
| T1  | T2 | T3 | T4 | T5 |                        |                        |      |
| 20  | 6  | 7  | 7  | 15 | 0                      | 30                     | 100  |

| Поточне оцінювання, тестування та самостійна й індивідуальна робота |    |    |    |  | Індивідуальні завдання | Семестровий екзамен | Сума |
|---|----|----|----|--|------------------------|---------------------|------|
| Змістовий модуль 2  |    |    |    |  |                        |                     |      |
| T6  | T7 | T8 | T9 |  |                        |                     |      |
| 5   | 5  | 5  | 5  |  | 30                     | 50                  | 100  |

| Поточне тестування та самостійна і індивідуальна робота |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | Індивідуальне завдання | Семестровий екзамен | Сума |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------------------------|---------------------|------|
| Змістовий модуль 3                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |                        |                     |      |
| T1  | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 |                        |                     |      |
| 5   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 5   | 4   | 0                      | 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 підсумковому контролі у вигляді екзамену 50 балів відведено на поточний контроль, а 50 балів – на підсумковий (для допуску до екзамену необхідно мати не менше 25 балів поточної успішності).

– при семестровому контролі у вигляді диференційованого заліку на поточний контроль відведено 70 балів (для допуску до диференційованого заліку необхідно мати не менше 35 балів поточної успішності).

**1. Поточний контроль 2 семестр.** Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином:

- робота на практичних, лабораторних заняттях (виконання практичних завдань, лабораторних робіт, а в разі їх пропусків з поважної причини – індивідуальні співбесіди на консультаціях за темами відповідних занять) – до 70 балів .

Присутність на лекціях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване 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), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

**Поточний контроль 3, 4 семестри.** Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином:

- робота на практичних, лабораторних заняттях (виконання практичних завдань, лабораторних робіт, а в разі їх пропусків з поважної причини – індивідуальні співбесіди на консультаціях за темами відповідних занять) – до 50 балів .

Присутність на лекціях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване 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 25 балів), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

**2. Підсумковий контроль** Підсумковим контролем є диференційований залік (другий семестр), є екзамен (третій, четвертий семестр). Вони здійснюються відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

## 17. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Технічна термодинаміка та паросилові установки» для студентів денної форми навчання спеціальності 144 теплоенергетика /А.Г. Колієнко, О.В. Череднікова. – Полтава, 2022. – 16 с. (Електронна версія в електронній бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»).
2. Голік Ю.С. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Технічна термодинаміка” для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика»/ Ю.С. Голік, О. В. Череднікова, , О.Б. Борщ, Д.В. Гузик. – Полтава: НУПП ім. Ю. Кондратюка, 2020. – 33 с.
3. Кутний Б.А. Термодинаміка, тепломасообмін і теплопередача : навч. посіб. для студентів спец. 101 «Екологія», 144 «Теплоенергетика» всіх форм навчання / Б.А. Кутний, О.В. Череднікова. – Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2022. – 182 с.
4. Череднікова О.В. Методичні вказівки до виконання розрахунково - графічної роботи з курсу «Технічна термодинаміка» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» денної форми навчання / О.В. Череднікова. – Полтава НУПП ім. Ю. Кондратюка, 2022. – 30 с.
5. Череднікова О.В. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу “Технічна термодинаміка” для студентів спеціальності 144 “Теплоенергетика”/ О. В. Череднікова. – Полтава: НУПП ім. Ю. Кондратюка, 2020. – 37 с.
6. Колієнко В.А. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Водяна пара та паротурбінні установки"/ В.А. Колієнко - Полтава: ПолтНТУ, 2016. - 34 с.
7. Колієнко А.Г. Методичні вказівки до курсової роботи з "Термодинаміки"/ А.Г. Колієнко - Полтава: ПолтНТУ, 2013. - 54 с.

## 18. Рекомендована література

### Базова

1. Колієнко А.Г. Термодинаміка: Навчальний посібник. – Львів: ЕКОінформ, 2006. – 130 с.

2. Кутний Б.А. Термодинаміка, тепломасообмін і теплопередача : навч. посіб. для студентів спец. 101 «Екологія», 144 «Теплоенергетика» всіх форм навчання / Б.А. Кутний, О.В. Череднікова. – Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2022. – 182 с.
3. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с.
4. Дудик М. В. Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій) : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей / М. В. Дудик. – Умань : ПП «Жовтий», 2015. – 132 с.
5. Ігнатенко, В. М. Основи молекулярної фізики та термодинаміки [Текст]: навч. посіб. / В. М. Ігнатенко. - Суми: СумДУ, 2011. - 248 с.
6. Малишев В., Кретов В., Гладка Т. Технічна термодинаміка та теплопередача. К., Знання 2016.- 258 с.
7. Буляндра О.Ф. Збірник задач з технічної термодинаміки. К., Знання 2016, -394 с.

#### **Допоміжна**

1. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів / О. Ф. Буляндра. – К.: Техніка, 2001. – 320 с.: іл. – Бібліогр.: с. 315.
2. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський, В.О. Лазоренко, А.В. Міщенко, О.В. Шеліманова (за ред. Б. Х. Драганова). Теплотехніка. 2-е вид., перероб. і доп. — Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. — 400 с.
3. Малярченко В.А. Енергетичні установки. Харків. Видавництво САГА. 2008- 320 с.
4. Теплотехніка: підручник / Б.Х. Драганов та ін. - К.: ІНКОС, 2005. – 504 с.

#### **19. Інформаційні ресурси**

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Технічна термодинаміка та паросилові установки» для студентів денної форми навчання спеціальності 144 теплоенергетика /А.Г. Колієнко, О.В. Череднікова. – Полтава, 2022. – 16 с. (Електронна версія в електронній бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»).
2. Репозитарій університету: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/11263>.
3. Сторінка дистанційного курсу: <https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=527>.
4. Сторінка дистанційного курсу: <https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=2221>.