

## Силабус курсу Технічна термодинаміка

Ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Галузь знань – 14 Електрична інженерія  
Спеціальність – 144 Теплоенергетика  
Освітньо-професійна програма - «Теплоенергетика»  
Кількість кредитів - 8  
Навчальна група - ТЕ01-20  
Рік підготовки, чверть - 3 рік; 9, 10 чверті  
Компонент освітньої програми: обов'язкова дисципліна професійної підготовки  
Мова викладання: українська



**Керівник курсу:** доц., к.т.н. Шарабура Тетяна Андріївна  
**Контактна інформація:** t.a.sharabura@ust.edu.ua, sharabura1003@gmail.com, тел. 0675679419

### Опис дисципліни

**Навчальна дисципліна** „Технічна термодинаміка” є нормативною і входить до циклу дисциплін професійно-практичної підготовки.

**Мета вивчення дисципліни** – Формування професійних компетенції на основі вивчення фундаментальних законів термодинаміки. Навчання студентів теоретичним основам та методам розрахунків перетворення теплової енергії та роботи і властивостям тіл за допомогою яких ці перетворення здійснюються.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

**знати:**

- термодинамічні властивості робочих тіл та методи їх обчислювання;
- фундаментальні залежності і особливості перетворення теплоти в роботу.
- методи теоретичних та експериментальних досліджень.

**вміти:**

- виконувати теплотехнічні розрахунки процесів перетворення енергії;
- виконувати термодинамічний аналіз ефективності роботи теплоенергетичного обладнання.

**Критерії успішності** – отримання позитивних оцінок при захисті лабораторних робіт, складання модульних робіт та індивідуальних завдань.

**«Набуті компетенції»**

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ФК3. Здатність продемонструвати практичні інженерні навички при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання.

ФК4. Здатність продемонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних в теплоенергетичній галузі.

**«Програмні результати навчання»**

ПРН 22. Вміти виконувати термодинамічний аналіз ефективності роботи теплоенергетичного обладнання та теплотехнічні розрахунки процесів перетворення енергії.

**Засоби діагностики успішності навчання** – комплект контрольних та тестових завдань.

**Пререквізитами навчальної дисципліни:** Дисципліні передують вивчення дисциплін «Фізика», «Вища математика», «Хімія»

**Постреквізитами навчальної дисципліни:** Набуті знання і вміння використовуються при вивченні наступних дисциплін «Котельні установки», «Високотемпературні процеси та установки», «Системи вентиляції та кондиціонування», «Нагнітачі та теплові двигуни», «Джерела теплопостачання».

## План вивчення навчальної дисципліни

### 1. Розподіл навчальних годин

	Усього	Чверті	
		9	10
Усього годин за навчальним планом, у тому числі:	240	120	120
Аудиторні заняття, з них:	120	64	56
Лекції	72	40	32
Лабораторні роботи	24	12	12
Практичні заняття	24	12	12
Семінарські заняття	0		
Самостійна робота, у тому числі при:	120	56	64
підготовці до аудиторних занять	60	32	28
підготовці до модульних контрольних робіт (екзамену)	24	12	12
виконанні курсових проектів (робіт)	-	-	-
виконанні індивідуальних завдань	-	-	-
опрацюванні розділів програми, які не викладаються на лекціях	36	12	24
Заходи семестрового контролю		Контрольні модульні роботи	Контрольні модульні роботи

### 2. Структура дисципліни

Модуль 1: Закони термодинаміки. Диференційні рівняння термодинаміки і їх застосування	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. Основні термодинамічні уявлення. Закони ідеальних газів.</b> Термодинамічна система. Параметри стану. Температура, тиск, питомий об'єм. Внутрішня енергія, ентальпія, ентропія. Форми енергообміну. Робота, теплота. Ідеальний газ. Рівняння стану. Ізопроеци. Закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів.</p> <p><b>2. Теплоємкість</b> Класифікація теплоємкостей. Таблиці теплоємкостей.</p> <p><b>3. Перший закон термодинаміки</b> Закон збереження та перетворення енергії. Перший закон термодинаміки, як окремий випадок закону збереження енергії. Аналітичні вирази першого закону термодинаміки. Ентропія. Визначення змінення ентропії ідеальних газів.</p> <p><b>4. Газові суміші</b> Властивості та особливості газових сумішей. Склад газових сумішей. Співвідношення між ваговими та об'ємними долями. Газова постійна сумішей.</p>
<b>ПР</b>	<p><b>1. Рівняння стану ідеального газу</b></p> <p><b>2. Теплоємкість. Газові суміші</b></p>
<b>ЛР</b>	<p><b>1. Визначення питомого об'єму газу методом витікання</b></p> <p><b>2. Визначення теплоємкості повітря</b></p>
<b>СР</b>	<p><b>Диференційні рівняння термодинаміки. Визначення внутрішньої енергії та ентальпії реальних газів</b></p> <p>Диференційні рівняння термодинаміки. Визначення внутрішньої енергії та ентальпії реальних газів [3]</p>
Модуль 2: Розрахунки і аналіз процесів в ідеальних газах	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. Ізопроеци змінення стану ідеальних газів.</b> Ізобарний, ізохорний, ізотермічний та адіабатний процес та їх аналіз.</p> <p><b>2. Політропний процес та його узагальнююче значення.</b> Політропний процес та його узагальнюювальне значення. Політропний процес. Ізопроеци як окремі випадки політропного процесу. Три групи політропних процесів.</p>

	<p><b>3. Реальні гази . Другий закон термодинаміки. Кругові процеси, цикли.</b>  Властивості реальних газів. Рівняння Ван-Дер-Ваальса та його фізична сутність. Інші рівняння реальних газів. Особливості рівняння Вукаловича-Новікова. Фазова P-t діаграма. Правило фаз Гіббса.  Кругові процеси, цикли. Сутність та формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Середньо інтегральна температура. Змінення ентропії в оборотних та необоротних процесах та циклах. Ентропія як міра необоротності.</p> <p><b>4. Кругові процеси. Цикли</b>  Загальні положення кругових. Термічний ККД цикла. Цикл Карно.</p>
<b>ПР</b>	<b>1. Розрахунки газових процесів</b>
<b>ЛР</b>	<b>1. Визначення показника адіабати повітря</b>
<b>СР</b>	<b>Суміші ідеальних газів</b> Суміші ідеальних газів [2], [3]
<b>Модуль 3: Розрахунки і аналіз процесів водяної пари</b>	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. Водяна пара. Процеси пароутворення</b>  Питомий об'єм, ентальпія, ентропія рідини, вологої, сухої та перегрітої пари.</p> <p><b>2. Таблиці водяної пари. I-S-діаграма.</b>  Таблиці насиченої водяної пари. Таблиці перегрітої водяної пари. Розрахунки параметрів стану водяної пари з використанням таблиць. I-S-діаграма.</p> <p><b>3. Процеси змінення стану водяної пари</b>  Ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний процеси змінення стану водяної пари. Зображення процесів в I-S діаграмі, розрахунки показників процесів.</p>
<b>ПР</b>	<p><b>1. Таблиці водяної пари. I-S діаграма водяної пари</b></p> <p><b>2. Розрахунки процесів змінення стану водяної пари</b></p>
<b>ЛР</b>	<b>1. Дослідження кривої насичення водяної пари</b>
<b>СР</b>	<b>Процеси змішування</b> Процеси змішування [2], [3]
<b>Модуль 4: Вологе повітря</b>	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. Вологе повітря</b>  Основні властивості та характеристика вологого повітря</p> <p><b>2. I-d діаграма вологого повітря</b>  I-d діаграма вологого повітря.</p> <p><b>3. Процеси у вологому повітрі</b>  Процеси у вологому повітрі: нагрівання, охолодження, сушка та зволоження повітря.</p>
<b>ПР</b>	<b>1. Розрахунки газових процесів</b>
<b>ЛР</b>	<b>1. Дослідження процесів у вологому повітрі</b>
<b>СР</b>	<b>Дроселювання реальних газів</b> Дроселювання реальних газів [2]
<b>Модуль 5: Термодинамічні показники потокових тепломеханічних процесів</b>	
<b>Лекції</b>	<p><b>1. Перший закон термодинаміки для потоку.</b>  Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Технічна робота потоку. Адіабатна течія газу у каналах. Вплив форми каналу на течію. Сопло та дифузор потоку.</p> <p><b>2. Швидкість течії та витрати газу із сопел різної форми.</b>  Швидкість течії ідеального газу із сопла яке звужується. Максимальна витрата газу із сопла Лавалю. Витік з урахуванням тертя. Енергія</p> <p><b>3. Дроселювання газів та пари</b>  Дроселювання ідеального газу. Дроселювання водяної пари. Диференційний та інтегральний дросель ефект. Температура інверсії. Змінення температури реальних газів при дроселюванні. Температура гальмування</p>
<b>ПР</b>	<b>1. Розрахунки витікання газу та пари</b>

ЛР	<b>1. Дослідження витікання газу</b>
СР	<b>Ексергетичний аналіз основних виробничих процесів</b> Ексергетичний аналіз основних виробничих процесів [6]
<b>Модуль 6: Термодинамічний аналіз основних виробничих процесів</b>	
Лекції	<b>1. Методи термодинамічного аналізу виробничих процесів.</b> Методи термодинамічного аналізу виробничих процесів. Процеси стиснення газу в компресорах. <b>2. Процеси стиснення газу в багатоступеневих компресорах</b> Процеси стиснення газу в багатоступеневих компресорах
ПР	<b>1. Розрахунки стиснення газу в компресорі</b>
ЛР	<b>1. Випробування поршневого компресора</b>
СР	<b>Особливі випадки розрахунків стиснення газу в компресорі</b> Особливі випадки розрахунків стиснення газу в компресорі [3]
<b>Модуль 7: Основи теорії тепломеханічних циклів установок. Двигуни внутрішнього згоряння</b>	
Лекції	<b>1. Методи термодинамічного аналізу циклів.</b> Методи термодинамічного аналізу циклів. Цикл карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння <b>2. Цикл Дизеля</b> Цикл Дизеля. Характеристика. Основні показники <b>3. Цикл з комбінованим підводом теплоти</b> Цикл з комбінованим підводом теплоти. Порівняльний аналіз циклів двигунів внутрішнього згоряння <b>4. Цикл паротурбінної установки</b> Цикл паротурбінної установки
ПР	<b>1. Розрахунки циклів двигунів внутрішнього згоряння</b>
СР	<b>Аналіз термодинамічної ефективності циклів ДВЗ</b> Аналіз термодинамічної ефективності циклів ДВЗ [2]
<b>Модуль 8: Паросилові цикли їх характеристики і аналіз</b>	
Лекції	<b>1. Вплив початкових та кінцевих параметрів пари на термічний к.к.д. паротурбінної установки</b> Вплив початкових та кінцевих параметрів пари на термічний к.к.д. паротурбінної установки <b>2. Шляхи підвищення ефективності ПТУ</b> Шляхи підвищення ефективності ПТУ. Цикли з повторним перегрівом пари та регенеративним підігрівом конденсату <b>3. Цикл газотурбінної установки з ізобарним підведенням теплоти</b> Цикл газотурбінної установки з ізобарним підведенням теплоти
ПР	<b>1. Розрахунки циклів ПТУ</b>
ЛР	<b>1. Дослідження впливу початкових та кінцевих параметрів пари на ефективність роботи ПТУ</b>
СР	<b>Шляхи підвищення ефективності роботи ПТУ</b> Шляхи підвищення ефективності роботи ПТУ [6]

\*ПР – практичні роботи; ЛР – лабораторні роботи; СР – самостійна робота студента, КП – курсовий проект, ІЗ – індивідуальне завдання

#### Політика оцінювання

**Політика щодо дедлайнів та перескладання:** Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (75% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності балів). Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

**Політика щодо академічної доброчесності:** Списування під час контрольних робіт заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та підготовки практичних завдань під час заняття.

**Політика щодо відвідування:** Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

### Оцінювання

Контрольна чверть	Модулі	Вид контролю
9	1,2,3,4	Контрольна робота
10	5,6,7,8	Контрольна робота
<b>Підсумкова</b>	1-4	Екзамен

### Рекомендована література

1. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник. – К.: «Золоті Ворота», 2012. – 592 с.
2. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка: підручник / О.Ф.Буляндра. – К.: Техніка, 2001. – 319 с.
- 3.Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. – Вінниця: «Поділля-2000». – 2004. – 352 с.
- 4.Константинов С.М. Технічна термодинаміка: Підручник. /С.М.Константинов – К.: «Політехніка» НТУУ «КПІ», 2001. – 368 с.
5. Константинов С.М. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: Навч. посіб. / С.М.Константинов, Р.В.Луцик. – К.: Видавництво «Освіта України», 2009. – 543 с.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа, 1980. – 468 с. 5.
- 7.Кириллин В.А. Техническая термодинамика / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – М: Энергия, 1968. – 472 с.
- 8.Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. М. Машиностроение,1969
- 9.Беляев Н.М. Термодинамика.- Вища школа,- 1987.-344с.

Програму затверджено на засіданні групи забезпечення якості освітньої програми за першим (бакалаврським) освітнім рівнем зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.

Гарант програми, доцент, к.т.н.

Валерія ПЕРЕПВА