



СИЛАБУС

навчальної дисципліни (обов'язкова)

ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

Обсяг освітнього компоненту (12 кредитів/ 360 годин)

Освітня програма «Промислова і комунальна теплоенергетика»
першого рівня вищої освіти
Спеціальність – 144 Теплоенергетика

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА



Кузьменко Алла Анатоліївна, старший викладач

Контактна інформація:

тел. (+38)050-451-60-50

e-mail: kaa1930kaa@gmail.com

Ідентифікатор конференції: 918 554 69 35

Код доступу: G9y5vt

Час і місце проведення консультацій:

день тижня, час, головний корпус, 220а

ОПИС КУРСУ

Основними завданнями вивчення освітньої компоненти «Технічна термодинаміка» є: вивчення процесів, що протікають у теплових двигунах, проведення аналізу їхньої роботи і визначення термічного ККД.

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. Мета курсу - набуття студентами теоретичних та практичних знань, вивчення закономірностей перетворення теплової енергії, властивостей тіл, що приймають участь в енергетичних перетвореннях, опанування методів отримання, перетворення, передачі та використання теплової енергії в різних установках.

2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.



ФК 1. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

ФК 4. Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.

ФК 7. Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

ФК 8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

РН2. Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики.

РН3. Розуміти міждисциплінарний контекст спеціальності «Теплоенергетика».

РН4. Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

РН11. 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.

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вивченню ТТД передують наступні дисципліни: «Вища математика», «Фізика».

ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1 – Загальний тематичний план аудиторної роботи

Номер тижня	Теми лекцій, год.	Теми лабораторних/практичних робіт або семінарів, год.
--------------------	--------------------------	---



Змістовий модуль 1 Основи технічної термодинаміки ідеального газу та основні параметри стану		
1	<p>Тема 1. ТТД як теоретична основа теплоенергетики. Метод ТТД. Термодинамічна система. Робоче тіло. Термодинамічні параметри стану. Рівноважний і нерівноважний стан термодинамічної системи. Термодинамічний процес. Оборотні, необоротні, кругові процеси. - 4 год.</p>	<p>Лабораторна робота №1 Визначення питомого об'єму газу методом витікання. - 4 год.</p> <p>Практичні заняття №1 Термодинамічні параметри стану p, v, T, u, h, S . - 2 год.</p>
2	<p>Тема 2. Теплота та робота. Термодинаміка ідеального газу. Основні закони ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу. Універсальна газова стала. Суміші ідеальних газів. Закон Дальтона. Способи завдання складу суміші. Теплоємність. Види теплоємності. – 4 год.</p>	<p>Лабораторна робота №2 Визначення середньої ізобарної теплоємності повітря при атмосферному тиску. – 4 год.</p> <p>Практичні заняття №2 Рівняння Клапейрона - Менделєєва. Універсальна газова стала. Перший закон термодинаміки. Закони ідеальних газів: Бойля – Маріотта, Гей – Люссака, Шарля. Теплоємність, Залежність від температури, атомності газу, характеру процесу. – 10 год.</p>
Змістовий модуль 2 Термодинамічні процеси та їх аналіз		
3	<p>Тема 3. Внутрішня енергія. Робота розширення, p, v-діаграма. Ентальпія робочого тіла. Перший закон термодинаміки. Ентропія, як параметр стану термодинамічної системи.</p>	<p>Практичні заняття №3 Внутрішня енергія, ентальпія. Їх властивості. Розрахунок сумішей ідеальних газів. – 6 год.</p>



	Теплова T, S – діаграма. Рівняння Майєра. - 4 год.	
4	Тема 4. Основні термодинамічні процеси (політропний, ізохорний, ізобарний, ізотермічний та адіабатний). Аналіз узагальненого значення політропного процесу. - 4 год.	Лабораторна робота №3 Визначення показника k для повітря. -4 год. Лабораторна робота №4 Дослідження політропного процесу повітря. – 4 год. Практичні заняття №4 Політропний,ізохорний, ізобарний, ізотермічний та адіабатний процеси. - 6 год.
Змістовий модуль 3 II закон термодинаміки. Цикли Карно. Робота		
5	Тема 5. Другий закон термодинаміки. Термічний ККД і холодильний коефіцієнт циклів. Прямий, зворотній і регенеративний цикли Карно. – 4 год.	Практичні заняття №5 Другий закон термодинаміки. – 2год.
6	Тема 6. Зміна ентропії у необоротних термодинамічних процесах ізольованих систем. – 2 год.	Практичні заняття №6 Ентропія як міра необоротності процесу. – 2 год.
7	Тема 7. Виробництво роботи. Корисна робота. Максимальна робота. Максимальна корисна робота. Поняття про ексергію. Рівняння Гюї-Стодоли. -4 год.	-
Змістовий модуль 4. Основи технічної термодинаміки реального газу		
8	Тема 8. Рівняння стану реального газу. Приведене рівняння Ван-дер-Ваальса. Критичні параметри речовини. p, T – діаграма. -2 год.	-
9	Тема 9. Умови рівноваги при фазовому переході. Правило	-



	фаз Гіббса. – 2 год.	
Змістовий модуль 5. Основи технічної термодинаміки водяної пари, вологого повітря		
10	Тема 10. p, v -; T, S -; h, S - діаграми водяної пари. - 4 год.	Практичні заняття №7 Властивості води та водяної пари. – 2 год.
11	Тема 11. Основні параметри води, сухої, перегрітої та вологої пари. - 4 год.	Практичні заняття №8 Властивості води та водяної пари. – 4 год.
12	Тема 12. Основні термодинамічні процеси водяної пари. - 4 год.	Практичні заняття №9 Процеси зміни стану. - 4 год.
13	Тема 13. Основні характеристики вологого повітря. -2 год.	Лабораторна робота №5. Дослідження характеристик вологого повітря. -4 год. Практичні заняття №10 Вологе повітря. h, d – діаграма. – 4 год.
Змістовий модуль 6. Перший закон ТТД для потоку. Витікання зі звужуючого сопла. Дроселювання газів і пари		
14	Тема 14. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Сопла і дифузори. Витікання зі звужуючого сопла. - 4 год.	Лабораторна робота №6 Дослідження процесу витікання повітря з резервуара необмеженої ємності крізь циліндричний отвір. – 4 год.
15	Тема 15. Витрата газу при витіканні зі звужуючого сопла. Максимальна витрата газу через звужуюче сопло. Максимальна швидкість витікання. Критична швидкість витікання. Аналіз профілю канала сопла. – 2 год.	Практичні заняття №11 Витікання та дроселювання газів та пари. – 4 год.
16	Тема 16. Дроселювання газів і пари. Диференціальний дросельний ефект.	Лабораторна робота №7. Дроселювання газів. -2 год.



	Інтегральний ефект. – 2 год.	дросельний	
Змістовий модуль 7. Основи технічної термодинаміки компресорів, ДВЗ, ГТУ, ПТУ			
17	Тема 17. Термодинамічний аналіз ідеального компресора. Вплив характеру процесу стискування на величину роботи, що витрачається на привід компресора. Реальна індикаторна діаграма компресора. Термодинаміка багатоступінчатого компресора. – 2 год.		Лабораторна робота №8. Дослідження характеристик роботи компресора. – 4 год. Практичні заняття №12 Компресори одно- та багатоступінчасті. Охолодження газів в компресорах. – 4 год.
18	Тема 18. Цикли двигунів внутрішнього згоряння та газотурбінних установок. – 2 год.		Практичні заняття №13 Двигуни внутрішнього згоряння. Цикли Отто, Дизеля, Тринклера. Реактивні двигуни. Цикли газотурбінних установок. Регенеративні цикли. – 8 год
19	Тема 19. Принципова схема паросилової установки. Паровий цикл Карно. Теоретичний цикл ПТУ цикл Ренкіна). – 2 год.		Практичні заняття №14 Цикли паротурбінних установок. Цикл Ренкіна. – 2 год.
20	Тема 20. Цикл Ренкіна з перегрітою парою. Вплив параметрів пари на величину термічного ККД циклу Ренкіна. Цикл з проміжним перегрівом пари. – 2 год.		

САМОСТІЙНА РОБОТА

Розрахунково – графічні роботи з курсу «Технічна термодинаміка» виконуються за наступними темами: «Розрахунок газового циклу», «Розрахунок парового циклу».

1) Розрахунок газового циклу



Умови завдання: Сухе повітря масою 1 кг здійснює прямий термодинамічний цикл, що складається з чотирьох послідовних термодинамічних процесів.

Вимагається:

1. Розрахувати основні термодинамічні параметри стану робочого тіла (p , Па; v , м³/кг; T , К) у характерних точках циклу.

2. Для кожного з процесів визначити: зміну питомої внутрішньої енергії Δu , кДж/кг; питомої ентальпії Δh , кДж/кг; питомої ентропії ΔS , кДж/(кг К); питому роботу процесу l , кДж/кг; питому розташовану роботу, l , кДж/кг; питому теплоту процесу q , кДж/кг; значення показника політропи n ; коефіцієнтів a і b .

3. Визначити сумарні кількості питомої теплоти: підведеної q_1 і відведеної q_2 у циклі; питому роботу циклу l ; питому розташовану роботу циклу l ; термічний ККД циклу η .

4. Побудувати цикл у координатах $lg p - lg v$.

Використовуючи цю побудову, знайти координати трьох-чотирьох проміжних точок на кожному з процесів.

5. Використовуючи значення проміжних точок, побудувати цикл у координатах p, v і T, S .

6. Використовуючи p, v - і T, S - діаграми, графічно визначити величини, указані у п. 2 і п. 3 і зіставити результати графічного і аналітичного розрахунків.

2) Розрахунок парового циклу

Умови завдання: Водяна пара масою 1 кг здійснює прямий термодинамічний цикл, що складається з чотирьох послідовних термодинамічних процесів.

Вимагається:

1. Визначити за допомогою h, S - діаграми, таблиць насиченої та перегрітої водяної пари, а також відповідних залежностей, основні термодинамічні параметри стану робочого тіла (p , Па; v , м³/кг; T , К) у характерних точках циклу. Результати звести у таблицю.

2. Визначити за допомогою h, S - діаграми, таблиць насиченої та перегрітої водяної пари, а також відповідних залежностей калоричні параметри стану робочого тіла: питому внутрішню енергію u , кДж/кг; питому ентальпію h , кДж/кг; питому ентропію S , кДж/(кг К). Результати звести у таблицю.



3. Для кожного з процесів визначити: зміну питомої внутрішньої енергії Δu , кДж/кг; питомої ентальпії Δh , кДж/кг; питомої ентропії ΔS , кДж/(кг К); питому роботу процесів l , кДж/кг, питому теплоту процесів q , кДж/кг. Результати звести у таблицю.

4. Побудувати цикл у координатах: $p, v; T, S$ і h, S .

5. Визначити сумарні кількості питомих теплот: підведеної q_1 і відведеної q_2 у циклі; питому роботу циклу $l_{\text{ц}}$; термічний ККД циклу η_t .

6. Для позначеної крапки (т. 4) за допомогою h, S – діаграми, таблиць насиченої водяної пари визначити: v_x, u_x, h_x, S_x, T_x , а також зовнішню та внутрішню теплоту пароутворення ψ_x, ρ_x . Результати звести у таблицю.

РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Літературні джерела:

1. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ: Техніка, 2001. - 320 с.

2. Малишев В.В., Кретов В.В., Гладка Т.М. Технічна термодинаміка та теплопередача. Київ: Університет «Україна», 2015. - 258 с.

3. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. Вінниця: «Поділля-2000», 2004. - 352с.

4. Вяла А., Благівістна В., Меньяйлов С. Молекулярна фізика й термодинаміка. Київ: НАУ-друк, 2010. - 192 с.

5. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. Вінниця: «Поділля-2000», 2004. - 352 с.

6. Константінов С.М. Технічна термодинаміка. Київ: «Політехніка» НТУУ «КПІ», 2001. - 368 с.

7. Дубровська В.В., Шкляр В.І. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. Київ: НТУУ«КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. -152 с.

8. Константінов С.М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну. Київ: Видавництво «Освіта України», 2009. – 543с.

9. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2008. - 250с.:іл..

10. Мороз І.О. Основи термодинаміки: навч. посіб. Суми: Видавництво «МакДен», 2011. - 352с.



11. Павловський В.Г., Павловський Г.І. Термодинаміка фізико-енергетичних процесів: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2006. - 332с.

12. Бахтін В.І., Кузьменко А.А., Назаренко І.А., Каюков Ю.М. Конспект лекцій з курсу «Технічна термодинаміка» для студентів спеціальності 144 Теплоенергетика (освітня програма «Промислова і комунальна теплоенергетика») для усіх форм навчання. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022.-136с.

13. Бахтін В.І., Кузьменко А.А., Назаренко І.А., Каюков Ю.М. Розрахунок газового циклу: методичні вказівки до самостійної роботи та виконання розрахунково-графічної роботи з курсу «Технічна термодинаміка» для студентів спеціальності 144 Теплоенергетика (освітня програма «Промислова і комунальна теплоенергетика») для усіх форм навчання. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021.-38с

14. Бахтін В.І., Кузьменко А.А., Назаренко І.А., Каюков Ю.М. Розрахунок парового циклу: методичні вказівки до самостійної роботи та виконання розрахунково-графічної роботи з курсу «Технічна термодинаміка» для студентів спеціальності 144 Теплоенергетика (освітня програма «Промислова і комунальна теплоенергетика») для усіх форм навчання. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021.-26с.

ОЦІНЮВАННЯ

Тестування за теоретичним матеріалом модулів. Кожен тест - 10 балів. Загальна сума -60 балів.

Захист кожної лабораторної роботи оцінюється у 5 балів. У третьому семестрі студенти виконують та захищають лабораторні роботи №1-4. У четвертому семестрі - №5-8. Загальна кількість балів за кожен семестр – 20.

Загальна сума балів 20 за кожен РГР.

ПОЛІТИКИ КУРСУ

Відвідування лекцій, лабораторних та практичних занять та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладаються теоретичний та практичний матеріали; розвиваються навички, необхідні для виконання індивідуальних практичних завдань.

При вивченні курсу політика дотримання академічної доброчесності визначається Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізька політехніка»

https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf



ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle.

