



Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Інститут гідротехнічного будівництва та цивільної інженерії
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

СИЛАБУС навчальної дисципліни

ТЕРМОДИНАМІКА

Освітній рівень	перший (бакалаврський)	
Програма навчання	вибіркова	
Галузь знань	19	Архітектура та будівництво
Спеціальність	192	Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма	Будівництво та цивільна інженерія	
Обсяг дисципліни	3.5 кредитів ECTS (105 академічних годин)	
Види аудиторних занять	I	Лекції (24 годин), практичні заняття (16 години), лабораторні роботи (8 годин)
Індивідуальні та (або) групові завдання	РГР	
Форми семестрового контролю	іспит	

Викладач:

Хлієва Ольга Яківна, д.т.н., професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції,
khlyev@ukr.net

В процесі вивчення даної дисципліни студент знайомиться з єкономічними взаємними перетвореннями теплоти на роботу, взаємозв'язком між тепловими та механічними процесами, що відбуваються в теплових та холодильних машинах, компресорах тощо, процесами та властивості робочих тіл за різних фізичних умов.

Передумовами для вивчення дисципліни є набуття теоретичних знань та практичних навичок за такими дисциплінами:

- Вища математика;
- Фізика.

Програмні результати навчання:

знати:

- закони збереження та перетворення енергії стосовно систем передачі та трансформації теплоти;
- основні джерела інформації про термодинамічні властивості робочих тіл та теплоносіїв теплоенергетичних установок;
- особливості та методи розрахунку термодинамічних процесів та циклів теплоенергетичних, теплонасосних та холодильних установок;

- основи методів оцінки ефективності термодинамічних процесів та циклів теплоенергетичних, теплонасосних та холодильних установок.

вміти:

- використовувати сучасні джерела інформації та методи розрахунку термодинамічних властивостей речовин, що використовуються в теплоенергетиці;

- обчислювати показники енергетичної ефективності прямих та зворотних термодинамічних циклів;

- проводити термодинамічний аналіз циклів та процесів у теплосилових машинах, теплових насосах, холодильних машинах з метою оптимізації їх робочих характеристик.

володіти:

- термінологією в галузі технічної термодинаміки;

- навичками пошуку інформації про термодинамічні властивості робочих тіл, холодоагентів та теплоносіїв теплоенергетичних установок;

- основами термодинамічного аналізу робочих процесів у теплосилових машинах, теплонасосних та холодильних установках з метою визначення параметрів їх роботи, теплової ефективності.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

		Кількість годин			
		лекції	практичні	лабораторні	самостійні
1.1	Тема 1 Основні поняття та закони технічної термодинаміки. Термодинаміка ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу.	2	2	2	5
1.2	Тема 2 Перший закон термодинаміки. Робота зміни об'єму газу. Внутрішня енергія як параметр стану. Теплоємність. Визначення внутрішньої енергії та ентальпії ідеальних газів. Визначення кількості теплоти, що передається у процесі.	2	2		6
1.3	Тема 3 Основні газові процеси. Ізохорний, ізобарний, ізотермічний та адіабатний процеси. Вивчення політропного процесу.	2	4		5
1.4	Тема 4 Другий закон термодинаміки. Кругові процеси (цикли). Загальні умови термодинамічної рівноваги.	2			6
1.5	Тема 5 Реальний газ та його властивості. Водяна пара, її властивості та характеристики. Діаграми p-v, T-s та h-s водяної пари. Основні процеси зміни стану водяної пари.	3	2	2	5
1.6	Тема 6 Вологе повітря. Діаграма h-d вологого повітря. Процеси в діаграмі вологого повітря h-d.	3	3	2	6
1.7	Тема 7 Цикли двигунів внутрішнього згоряння	2			6
1.8	Тема 8 Цикли газотурбінних установок та реактивних двигунів	2			6
1.9	Тема 9 Цикли паросилових установок. Цикл Ренкіна. Методи підвищення ККД циклу Ренкіна. Термодинамічні засади теплофікації.	4	3	2	6
1.10	Тема 10 Зворотні цикли: цикли холодильних машин та теплових насосів	2	2		6

Всього	24	16	8	57
--------	----	----	---	----

Критерії оцінювання та засоби діагностики

Мінімальний та максимальний рівень оцінювання щодо "іспиту" за навчальною дисципліною "Термодинаміка" складає 60 і 100 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

Засоби оцінювання		Мінімальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Вид контролю	Кількість у семестрі		
Контроль знань:			
- поточний контроль знань (стандартизовані тести)		20	30
- виконання розрахунково-графічної роботи		10	30
Підсумковий (семестровий) контроль знань - іспит		30	40
Разом		60	100

З дисципліни передбачено виконання **розрахунково-графічної роботи**.

Розрахунково-графічна робота складається з чотирьох окремих завдань та охоплює усі базові теми дисципліни «Термодинаміка»:

- рівняння стану ідеальних газів;
- основні термодинамічні процеси ідеальних газів;
- основні термодинамічні процеси реальних газів (на прикладі водяної пари);
- визначення основних параметрів холодильного циклу (теплового насосу) та реальної парокомпресійної холодильної машини (теплового насосу)

Робота складається з розрахункової та графічної частини і виконується у вигляді пояснювальної записки (формат А-4). Графічна частина включає дві діаграми ($h-s$ для води та водяної пари та $p-h$ для холодоагенту) з нанесеними олівцем зображеннями процесів (у відповідності до завдання).

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи наведено в [5]. Для виконання завдання розроблено 20 варіантів вхідних даних.

Два рази за семестр проводяться експрес контроль знань – **стандартизовані тести** (20 тестових питань). Приклад тестових питань:

1. Ізопроцес ідеального газу, що відбувається при $pv = const$ називається:
а) ізотермічний; б) ізохорний; в) ізобарний; г) адіабатний; д) політропний.

2. Манометр парового котла показує тиск 2,5 бар. Температуру сухого насиченого пара в котлі дорівнює.

а) 167 °С; б) 100 °С; в) 128 °С; г) 139 °С; д) 156 °С.

3. Холодильный коэффициент обратного цикла рассчитывается по формуле (q_1 – количество отведенного из цикла тепла; q_2 – количество подведенного в цикле тепла; l_0 – затраченная работа):

а) $\frac{q_1}{l_0}$; б) $\frac{l_0}{q_1}$; в) $\frac{q_2}{l_0}$; г) $\frac{q_2}{q_1}$; д) $\frac{q_2}{q_1}$; е) $\frac{q_1}{q_2}$.

Підсумковий контроль знань проводиться для студентів, що не змогли з будь яких причин набрати необхідну кількість балів, або для студентів, що бажають збільшити вже набрану кількість балів.

Іспит проводиться в усній формі, по білетах встановленого зразку. В кожному білеті наведені три питання

Питання до іспиту

1. Поняття робоче тіло у термодинаміці.
2. Поняття термодинамічні параметри.
3. Головні термодинамічні параметри, що характеризують стан робочого тіла.
4. Абсолютний, надлишковий та атмосферний тиск, зв'язок між ними.
5. Що називають станом термодинамічної рівноваги? Наведіть приклади рівноважного та нерівноважного станів.
6. Поняття термодинамічного процесу?
7. Рівноважний та нерівноважний термодинамічний процес.
8. Поняття оборотний та необоротний процес.
9. Поняття ідеальний та реальний газ.
10. Рівняння стану ідеального газу.
11. Поняття рівняння стану. Як записується рівняння стану у загальному вигляді?
12. Поняття робота та теплота у термодинаміці.
13. Формули для обчислення елементарна та повна робота зміни об'єму?
14. Першого закон термодинаміки.
15. Поняття внутрішньої енергії тіла.
16. Поняття середньої та дійсної теплоємності.
17. Поняття ізохорної теплоємності.
18. Поняття ізобарної теплоємності.
19. Зв'язок між ізохорною та ізобарною теплоємностями для реального та ідеального газів.
20. Поняття ентальпії. Від яких параметрів стану залежать внутрішня енергія та ентальпія ідеального газу, за якими формулами вони визначаються.
21. Графіки ізохорного процесу в діаграмах p-v та t-s, зміни внутрішньої енергії, роботи та теплоти процесу.
22. Графіки ізобарного процесу в діаграмах p-v та t-s, зміни внутрішньої енергії, роботи та теплоти процесу.
23. Графіки ізотермічного процесу в діаграмах p-v та t-s, зміни внутрішньої енергії, роботи та теплоти процесу.
24. Зміни внутрішньої енергії, роботи та теплоти в адіабатному процесі з ідеальним газом.

25. Зміни внутрішньої енергії, роботи та теплоти в політропному процесі з ідеальним газом.
 26. Формули для визначення роботи та теплота у політропному процесі.
 27. Другий закон термодинаміки
 28. Поняття теплової двигун.
 29. Поняття термічного ККД теплового двигуна.
 30. Цикл Карно.
 31. Поняття ентропія.
 32. Визначення зміни ентропії для оборотних процесів із ідеальними газами?
 33. Які зміни відбуваються з ентропією у необоротних процесах?
 34. Запис другого закону термодинаміки для оборотних та незворотних процесів.
 35. Поняття термодинамічної шкали температур.
 36. Загальні умови термодинамічного рівноваги. Термодинамічні потенціали.
 37. Рівняння Ван-дер-Ваальса. За яких умов це рівняння перетворюється у рівняння стану ідеального газу Клапейрона-Менделєєва?
 38. Поняття насиченої пари речовини.
 39. Поняття вологої насиченої пари.
 40. Поняття перегрітої пари та ступеня перегріву.
 41. Поняття нижня та верхня пригранична криві на термодинамічній діаграмі речовини.
 42. Поняття ступеня сухості та ступеня вологості речовини.
 43. Поняття критична точка. Термодинамічні параметри речовини у критичній точці.
 44. Формула для визначення ентальпії вологої пари.
 45. Сутність графічного методу розрахунку процесів з парою за допомогою діаграми $h-s$.
 46. Цикл двигуна внутрішнього згоряння з ізохорним підведенням теплоти.
 47. Цикл двигуна внутрішнього згоряння з ізохорним підведенням теплоти.
 49. Цикл двигуна внутрішнього згоряння зі змішаним підведенням теплоти.
 50. Цикли газотурбінних установок.
 51. Цикл Карно у області вологих парі та його недоліки.
 52. Прямий цикл Ренкіна. Корисна робота, термічний ККД циклу Ренкіна.
 53. Вплив параметрів на термічний ККД циклу Ренкіна.
 54. Паросилові установки з вторинним перегрівом пари.
 55. Дійсний цикл паросилових установок з незворотним розширенням пари.
- Коефіцієнти корисної дії.
56. Зворотній цикл Ренкіна (холодильна машина).
 57. Холодильний коефіцієнт та коефіцієнт перетворення зворотнього циклу Ренкіна.

Інформаційне забезпечення

Основна література

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

с.

2. Мінаковський В.М., Соломаха А.С. Технічна термодинаміка. Приклади, задачі та типові розрахунки. Частина перша. Навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2017. 172 с.

3. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. та ін. Теплотехніка Підручник. 2-е вид., перероб. і доп. Київ: Фірма «ІНККОС», 2005. 400 с.

4. RefProp: Reference fluid thermodynamic and transport properties, NIST standard reference database. Version 9.1 mini (teaching tool for the introduction of thermodynamics to students). <https://refprop-mini.software.informer.com/9.1/>

5. Хлієва О.Я. Термодинаміка: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи. Одеса ОДАБА. 2022. 52 с.

Допоміжні джерела інформації

1. Stephan P., Kabelac S., Kind M., Martin H., Mewes D., Schaber K. VDI Heat Atlas, Springer, 2010. 1585 p.

2. ASHRAE. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineering, Inc. Atlanta: ASHRAE. 2017. 1013 p.

3. Пеньков В.І. Технічна термодинаміка Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 209 с.