

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи Анто́н ПАНТЕЛЕЙМОНОВ



2021 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

ТЕРМОДИНАМІКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти бакалавр

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)

освітня програма Прикладна фізика енергетичних систем
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)

ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

2020/2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ІНІ КФЕ

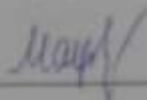
"30" червня 2020 року, протокол №6-2/21

РОЗРОБИНИК ПРОГРАМИ: Олександр АЛЕКСАНДР, канд. техн. наук, доцент

Програму складено на засіданні кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Протокол від "30" червня 2021 року, №6/21

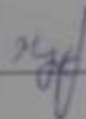
Завідувач кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності



Юрій МАЦЕВИТИЙ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)
Прикладна фізика синхротронних систем

Гарант освітньої програми
Прикладна фізика синхротронних систем

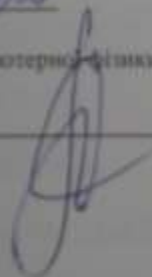


Руслан СУХОВ

Програму погоджено науково-методичною комісією ІНІ комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від "30" червня 2021 року, № 6/21

Голова науково-методичної комісії ІНІ комп'ютерної фізики та енергетики



Ольга ЛІСІНА

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Термодинаміка енергетичних систем” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалавр, спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка фахівців, які мають необхідний рівень знань про основні закономірності перетворень теплової енергії, про термодинамічні властивості робочих тіл і області їх використання; про принципіальні схеми і термодинамічні цикли теплоенергетичних установок, а також про шляхи підвищення ефективності їх роботи.

1.2. Завдання вивчення дисципліни

Завданням є отримання знань з основних законів термодинаміки, на яких базується робота енергетичних систем процесів реальних газів і пари, термодинаміки потоку, компресії газів, процесів в детандерах, циклів теплових та холодильних машин, методів аналізу термодинамічних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: Значення та історію розвитку технічної термодинаміки, як теоретичної основи теплотехніки; основні закономірності і процеси, які супроводжують явища перетворення теплової енергії в механічну роботу; термодинамічні властивості робочих тіл, за допомогою яких здійснюються ці процеси; принципіальні схеми і термодинамічні цикли теплоенергетичних установок, критерії оцінки ефективності їх роботи і засоби удосконалення енергетичного устаткування.

вміти: самостійно працювати з літературними джерелами користуватися термодинамічними діаграмами і сучасними засобами при проведенні розрахункових та експериментальних досліджень.

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|-------------------------------------|
| за вибором | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 4-й | -й |
| Семестр | |
| 7-й | -й |
| Лекції | |
| 32 год. | год. |
| Практичні, семінарські заняття | |
| 32 год. | год. |
| Лабораторні заняття | |
| год. | год. |
| Самостійна робота, у тому числі | |
| 86 год. | год. |
| Індивідуальні завдання | |
| .. | |

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою «Прикладна фізика енергетичних систем» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання (Р):

P01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

P02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

P03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

P04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

P05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

P06. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

P07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

P8. Вільно спілкуватися

P9. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

P10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.

P11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

P12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

P13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи процесів енергетичних систем.

Тема 1. Введення до курсу «Термодинаміка енергетичних систем».

Основні визначення: теплота, робота, термодинамічна система, робочі тіла, параметри стану. Ідеальний газ. Поняття про термодинамічний процес.

Тема 2. Перший закон термодинаміки

Еквівалентність теплоти і роботи. Аналітичні закони першого закону термодинаміки. Внутрішня енергія, ентальпія. Робота розширення і технічна робота.

Тема 3. Термодинамічні процеси ідеальних газів

Ізохорний, ізобарний, ізотермічний і адіабатний процеси. Політропні процеси. Основні закономірності і графічне зображення в термодинамічних діаграмах. Залежність теплоємності політропного процесу від показника політропи.

Тема 4. Реальні газі і пари. Термодинамічні процеси водяної пари.

Термодинамічні властивості реальних робочих тіл. Рівняння стану реальних

газів Фазові переходи. Процес вироблення водяної пари. Термодинамічні процеси водяної пари, графічний метод розрахунку характеристик термодинамічних процесів водяної пари.

Тема 5 Вологе повітря

Параметри вологого повітря. Абсолютна і відносна вологість, вологовміст, $h-d$ - діаграма вологого повітря. Основні процеси вологого повітря. Способи експериментального визначення вологості повітря.

Тема 6. Компресія газів, термодинамічні процеси в детандерах

Компресори. Призначення і класифікація компресорів

Теоретична і дійсна індикаторні діаграми, порівняння величини роботи на привід при ізотермічному, адіабатному і політропному процесах підвищення тиску. Переваги багатоступінчастого компресора, розподіл тисків по ступенях. Ежектор (струминний компресор).

Тема 7. Цикли паросилових установок

Паровий цикл Карно, принципова схема установки. Цикл Ренкіна в $p-v$,

в $T-S$ і $h-S$ координатах, його термічний ККД. Вплив основних параметрів на величину ККД паротурбінної установки. Дійсний цикл з урахуванням необоротних утрат при розширенні пари в турбіні.

Цикл із проміжним (вторинним) перегрівом пари, регенеративний цикл паротурбінної установки. Комбіноване вироблення теплової і електричної енергії. Термодинамічні основи теплофікації, коефіцієнт використання теплоти палива на ТЕЦ.

Тема 8. Цикли холодильних установок і термотрансформатора

Призначення і різновиди холодильних машин, властивості холодоагентів. Принципові схеми холодильних машин. Цикл теплового насоса, опалювальний коефіцієнт.

Розділ 2. Принципи роботи і улаштування енергетичних систем

Тема 9. Системи тепловологісної обробки повітря. Основне обладнання систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Основне обладнання систем вентиляції і кондиціонування повітря. Визначення параметрів повітря за допомогою $(i-d)$ діаграми. Побудова процесів зміни тепловологісного стану повітря. Відкриті і рециркуляційні системи. Систем з утилізацією теплоти.

Тема 10. Системи споживання стислого повітря на промислових підприємствах.

Основні елементи систем вироблення і транспортування стислого повітря. Улаштування і принципи роботи одноступінчастого поршневого компресора. Схема і техніко-економічні показники багатоступінчастого стискання повітря.

Тема 11. Теплові електричні станції.

Основне обладнання теплової електричної станції. Когенерація як спосіб підвищення ефективності теплових циклів. Принципова тепла схема ТЕЦ. Побудова процесу розширення пари у проточній частині парової турбіни. Основні техніко-економічні показники ТЕЦ.

Тема 12. Газотурбінні і атомні електростанції

Принципові схеми станцій на базі ГТУ: замкнені, незамкнені. Показники роботи газотурбінних електростанцій. Принципи роботи і основні схеми атомних електростанцій. Типи ядерних реакторів. Техніко-економічні показники атомних станцій. Перспективи розвитку атомної енергетики.

Тема 13 Основне обладнання систем холодопостачання

Класифікація холодильних установок. Схема повітряної холодильної машини. Схема й основне обладнання паро-компресорної холодильної установки. Схема і й основне обладнання абсорбційної і паро-ежекторних холодильних установок

Тема 14. Схеми тепло насосних установок для тепlopостачання об'єктів.

Джерела енергії для теплових насосів. Принципова схема й основне обладнання моновалентної теплонасосної установки. Принципова схема й основне обладнання бивалентної теплонасосної установки. Техніко-економічні показники теплових насосів.

Тема 15. Цикли двигунів внутрішнього згоряння

Призначення, загальні характерні риси і класифікація теплових двигунів. Цикли ДВЗ. Схема. індикаторна діаграма й ідеальний цикл двигуна з підведенням теплоти при $v=const$, $p=const$ і при змішаному підведенні теплоти. Порівняльна характеристика циклів ДВЗ. Ефективний й індикаторний ККД двигуна.

3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|----|------|------|-------|--------------|--------------|----|------|------|-------|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Розділ 1. Теоретичні основи процесів енергетичних систем. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Введення до курсу «Термодинаміка енергетичних систем». | 9 | 2 | 2 | | | 5 | | | | | | |
| Тема 2 Перший закон термодинаміки | 9 | 2 | 2 | | | 5 | | | | | | |
| Тема 3. Термодинамічні процеси ідеальних газів | 9 | 2 | 2 | | | 5 | | | | | | |
| Тема 4. Реальні газі і пари. Термодинамічні процеси водяної пари. | 9 | 2 | 2 | | | 5 | | | | | | |
| Тема 5 Вологе повітря | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 6. Компресія газів, термодинамічні процеси в детандерах | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 7. Цикли парових установок | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 8 Цикли холодильних установок і термотрансформатора | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Разом за розділом 1 | 76 | 16 | 16 | | | 44 | | | | | | |
| Розділ 2. Принципи роботи і улаштування енергетичних систем | | | | | | | | | | | | |
| Тема 9. Системи теплово воловологісної обробки Основне обладнання систем вентиляції і кондиціонування повітря. | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 10. Системи споживання стислого повітря на промислових підприємствах. | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|--|--|--|--|--|
| Тема 11. Теплові електричні станції | 12 | 4 | 4 | | | 6 | | | | | |
| Тема 12. Газотурбінні і атомні електростанції | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | |
| Тема 13 Основне обладнання систем холодопостачання | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | |
| Тема 14. Схеми тепло насосних установок для тепlopостачання об'єктів. | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | |
| Тема 15. Цикли двигунів внутрішнього згоряння | 8 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 74 | 16 | 16 | | | 42 | | | | | |
| Усього годин | 150 | 32 | 32 | | | 86 | | | | | |

4. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Параметри стану робочого тіла. Рівняння стану ідеального газу. | 2 |
| 2 | Перший закон термодинаміки. Теплоємність газів | 2 |
| 3 | Термодинамічні процеси ідеальних газів | 2 |
| 4 | Структура $h-S$ діаграми водяної пари. Побудова процесу розширення пари у проточній частині парової турбіни. | 2 |
| 5. | Визначення параметрів вологого повітря, за допомогою $h-d$ -діаграми. Побудова основних процесів термовологісної обробки повітря. $h-d$ -діаграмі вологого повітря | 2 |
| 6 | Порівняння витрат на привід компресора при ізотермічному, адиабатному і політропному процесі підвищення тиску | 2 |
| 7 | Побудова основних процесів термовологісної обробки повітря. $h-d$ -діаграмі вологого повітря | 2 |
| 8 | Структура $h-S$ діаграми фреону. Побудова циклу холодильної установки. | 2 |
| 9 | Побудова процесу термовологісної обробки повітря в центральному кондиціонері для літнього й зимового періодів в $h-d$ -діаграмі | 4 |
| 10 | Побудова циклу одноступінчастого компресора. | 2 |
| 11 | Розрахунок теплової схеми ТЕЦ. Обчислення параметрів підігрівників мережної води. | 4 |
| 12 | Обчислення параметрів робочого тіла у циклі ГТУ | 2 |
| 13 | Визначення параметрів фреону у характерних точках холодильного циклу. | 2 |
| 14 | Визначення основних характеристик циклу теплового насосу | 2 |
| Разом | | 32 |

5. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми (види, зміст самостійної роботи) | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
|-------|---|-----------------|

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Ознайомитись з основними термодинамічними поняттями: теплота, робота, термодинамічна система, робочі тіла, параметри стану. Ідеальний газ | 6 |
| 2 | Ознайомитись з поняттями: внутрішня енергія, ентальпія, робота розширення і технічна робота. Фізичний сенс першого закону термодинаміки. | 6 |
| 3 | Ознайомитись з теплоємністю речовини. Середня, істинна, питома теплоємність. | 6 |
| 4 | Ознайомитись з основними термодинамічними процесами. Політропні процеси. | 6 |
| 5 | Ознайомитись з основними термодинамічними процесами Термодинамічний ККД прямого циклу. Зворотні цикли, холодильний коефіцієнт | 46 |
| 6 | Проаналізувати переваги багатоступінчастих компресорів у порівнянні з одноступінчастим стисненням. | 6 |
| 7 | Ознайомитись з циклами двигунів внутрішнього згорання. Порівняльна характеристика циклів ДВЗ. | 6 |
| 8 | Розглянути ефективний йіндикаторний ККД двигуна. | 6 |
| 9 | Ознайомитись з циклами газотурбінних установок | 6 |
| 10 | Ознайомитись з когенерацією. Розглянути переваги комбінованого вироблення теплової і електричної енергії. | 6 |
| 11 | Ознайомитись з основним обладнанням та особливостями і циклів атомних електростанцій | 6 |
| 12 | Ознайомитись з циклами і основним обладнанням холодильних установок Ознайомлення | 6 |
| 13 | Ознайомитись з циклом теплового насоса. Сфери застосування теплових насосів. | 6 |
| 14 | Проаналізувати техніко-економічне порівняння витрат енергоресурсів теплонасосною установкою і газовим котлом для опалення будівлі | 8 |
| | Разом | 86 |

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено планом

7. Методи навчання

Для проведення лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний та(або) метод проблемного викладання.

Практичні, семінарські заняття проводяться за репродуктивним або частково-пошуковим методами.

Якщо за якихось непередбачуваних обставин вводиться дистанційне навчання може використовуватися дослідницький метод або комбінації методів.

8. Методи контролю

На заняттях проводяться опитування та розв'язання задач. По закінченні теми проводиться модульний контроль. Форма підсумкового контролю знань – залік.

Поточний контроль засвоєння матеріалу включає:

оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (експрес контрольні роботи та тестові завдання проводяться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії). Тривалість експрес-контролю 10 хвилин. Кожен експрес-контроль містить 2 завдання.

Кількість балів за експрес контроль:

Розділ 1

- експрес контрольна робота №1 (теми 1,2,3) – 10 балів;
- експрес контрольна робота №2 (тема 4,5,6) – 10 балів;
- експрес контрольна робота №3 (тема 7,8) – 10 балів.
- Разом за 1 розділом 30 балів

Розділ 2

- експрес контрольна робота №4 (тема 9,10) – 10 балів
- експрес контрольна робота №4 (тема 11,12) – 15 балів
- експрес контрольна робота №4 (тема 13-15) – 15 балів
- Разом за 2 розділом 40 балів
- Загалом (70 балів).

Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.

Контрольна робота за розділом 1 (ваговий бал 30) триває 30 хвилин.. Контрольна робота містить розрахункове завдання, яке оцінюється у 16 балів, і два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється по 7 балів .

Критерії оцінювання:

Розрахункове завдання контрольної роботи

- a) повністю правильно виконане завдання оцінюється в 16 балів;
- b) завдання виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 12 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
- c) частково виконане завдання оцінюється в 10 балів (правильно обрана логіка рішення, але присутні грубі помилки в розрахунках);
- d) частково виконане завдання оцінюється в 6 балів (правильно обрана логіка рішення, зовсім відсутні розрахунки);
- e) неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Теоретичне питання контрольної роботи

- a) правильна відповідь оцінюється у 7 балів
- b) відповідь з помилками оцінюється у 4 балів
- v) неправильна відповідь або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів

Якщо студент отримав оцінку менше 10 балів за КР, то він зобов'язаний переписати цю роботу, але не більше двох разів.

Форма підсумкового контролю знань – залік

9. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання | | | Сума |
|--|--|------------------|-------|
| Розділ 1 | | Розділ 2 | Разом |
| Т1 – Т8 | | Т9 – Т15 | |
| експрес-контроль | Контрольна робота, передбачена навчальним планом | експрес-контроль | |
| 30 | 30 | 40 | 100 |
| | | | 100 |

T1, T2 ... T19 – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Загальні критерії оцінювання

I рівень оцінювання (задовільно). Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлюється початковими уявленнями про предмет вивчення. Студент відтворює основний навчальний матеріал, здатний виконувати завдання за зразком, володіє елементарними вміннями навчальної діяльності.

II рівень - достатній (добре). Студент знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями, вміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована.

III рівень - високий (відмінно). Студент здатний самостійно здійснювати основні види навчальної діяльності. Знання студента є глибокими, міцними, узагальненими; студент вміє застосовувати знання творчо, його навчальна діяльність позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію.

Вивчення дисципліни у вищих навчальних закладах I-II рівнів акредитації повинно дати не тільки певну суму знань, а й підготувати студентів для освоєння обраної професії та допомоги формувати світогляд.

Складовими навчальних досягнень студентів є вміння відтворювати отриману інформацію, знаходити нову, оцінювати її та застосовувати в стандартних і не стандартних ситуаціях.

Тому потрібно оцінювати:

- 1) рівень володіння теоретичними знаннями;
- 2) рівень вмінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач;
- 3) рівень володіння практичними уміньми та навичками, які виявляються під час виконання практичних робіт;
- 4) оцінювання творчих робіт студентів (рефератів, експериментальних робіт, особливо пов'язаних з майбутньою професією).

I Оцінювання рівня теоретичних знань.

Відповідь з теорії може складатися:

- 1) з викладу теоретичного матеріалу;
- 2) формування правил, законів, закономірностей;
- 3) із завдань на вибір правильної відповіді

При оцінюванні відповідей з теорії враховується:

- 1) обсяг відтвореної інформації та її співвідношення до обсягу повної інформації з даного питання;

- 2) обсяг додаткової інформації, здобутої студентом, та доцільність її використання;
- 3) частота допомоги викладача;
- 4) кількість помилок (помилко, недоліків, неточностей) у відповіді;
- 5) логічний зв'язок відтвореної інформації.

II Оцінювання рівня вмінь використовувати знання при розв'язанні практичних задач

У процесі оцінювання задача розбивається на окремі логічні кроки та операції; кожному з яких залежно від їх складності та значущості дається певна кількість балів або їх частина.

При оцінюванні вмінь та знань студента треба користуватися такими критеріями та характеристиками рівнів.

Середній рівень (задовільно) передбачає вміння розв'язувати задачі репродуктивного характеру, тобто за готовою логічною схемою знайти вірне рішення.

Достатній рівень (добре) передбачає розв'язування задач на 4-6 логічних кроків репродуктивного характеру, розв'язання яких потребує практичного застосування набутих знань з обґрунтуванням процесу міркувань без допомоги викладача.

Високий рівень (відмінно) передбачає розв'язання стандартних задач оригінальним способом або самостійне розв'язання нестандартних задач на 4 та більше кроків.

Критерії оцінювання знань студентів на заліку

| Характеристики критеріїв оцінювання знань | За державною (національною) шкалою | За 100 бальною шкалою |
|---|--|-----------------------------|
| Характеризується знаннями суттєвих ознак, понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними. Студент самостійно засвоює знання у стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, синтезом, узагальненням, порівнянням, абстрагуванням), уміє робити висновки, виправляти допущені помилки. навчальна діяльність позначена уміннями самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особистісну позицію. | Зараховано | 50-100 |
| Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння застосувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач. | Не зараховано з можливістю повторного складання заліку | 25-49 |
| Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння орієнтуватися при розв'язанні практичних задач, незнання основних фундаментальних положень. | Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни | 1-24 |

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |

| | | |
|----------|--------------|---------------|
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

10. Рекомендована література

Базова

1. Бурлянда О.Ф. Технічна термодинаміка. – Київ.: Техніка, 2001. – 320с.
2. Техническая термодинамика: Учеб. пособие для ВУЗов/ В.И.Крутов и др.// Под ред. В.И.Крутова. – М.: Высшая школа, 1991. – 344с.
3. Константінов С.М. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну / С.М. Константінов, Р.В. Луцик. – К.: Освіта України, 2009. –340 с.

Допоміжна

1. Новиков И.И. Термодинамика: Учеб пособие для ВУЗов. – М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
2. Кириллин В.А. Техническая термодинаміка. / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейдлин. – М.: Энергия, 1974. – 447с.
3. Беляев Н.М. Термодинамика. – Киев, Вища школа, 1987.- 344с.
4. Сборник задач по технической термодинамике / Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н., Ремизов С.А. – М.: Энергоатомиздат, 1981, - 206с.
5. Зубарев В.Н. Практикум по технической термодинамике. / В.Н.Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин– М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304с.

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна та ІПМаш НАН України.

