



МЕТОДИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ УСТАНОВОК ТА СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/ заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів, 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1,5 рази на два тижні; практичні заняття – один раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: <i>к.т.н, доц. Куделя Петро Петрович, kud-petr@ukr.net</i> Практичні: <i>к.т.н, доц. Куделя Петро Петрович, kud-petr@ukr.net</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10188&cm=24033&rcms=188834&ssm=cm&tree_list=

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою вивчення та засвоєння студентами навчальної дисципліни «Методи термодинамічного аналізу установок та систем» є формування у студента таких компетенцій:

- ЗК1: Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК2: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК4: Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК5: Здатність працювати в команді;
- ЗК6: Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- ЗК7: Здатність приймати обґрунтовані рішення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для вивчення дисципліни «Методи термодинамічного аналізу установок та систем» необхідні знання в області Гідрогазодинаміки, Технічна термодинаміка, тепломасообміну, теплотехнологічні процеси та установки, котельні установки промислових підприємств.

В свою чергу, знання в області освітнього компоненту «Методи термодинамічного аналізу установок та систем» використовуються далі при підготовці магістерських дисертацій.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Фундаментальні принципи технічної термодинаміки

Тема 1.1. Вступ

Тема 1.2. Перший закон термодинаміки

Тема 1.3. Другий закон термодинаміки

Розділ 2. Основні положення ексергетичного методу

Тема 2.1. Ексергія

Тема 2.2. Ексергетичний баланс

Тема 2.3 Хімічна ексергія

Тема 2.4 Ексергетичні показники ефективності основних поточних процесів

Розділ 3. Термодинамічний аналіз систем опалення

Тема 3.1. Термодинаміка одержання низькопотенційної теплоти

Тема 3.2. Аналіз системи теплопостачання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. – Київ, 2010. Свідectво про надання грифа електронному виданню НМУ № Е9/10-150, протокол №5 від 21.01.2010. – 127 с.
2. Костенко Г.Н. Эксергетический анализ тепловых процессов и установок (теоретические основы вопроса). Одесса, 1984. – 32 с.
3. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. -М.: Энергоатомиздат, 1988. –288с.

Допоміжна література

1. Бэр Г.Д. Техническая термодинамика -М.: Мир, 1977.-518с.
2. Бродянский В.М. и др. Эксергетические расчеты технических систем. (Справочное пособие). – Киев: Наук.думка, 1991. –360с.
3. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. –М.: Энергия, 1968. –280с.
4. Янтовский Е.И., Пустовалов Ю.В. Парокомпрессионные теплонасосные установки. –М. : Энергоиздат, 1982. –142с.
5. Сафонов М.С. Критерии термодинамического совершенства технологических систем. Москва, 1998. E-mail: safonov@tech.chem.msu.ru
<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/safonov/soderi.html>
6. Сафонов М.С., Пожарский С.Б. Метод интегральных уравнений баланса потока массы, энергии и эксергии в анализе химико-технологических систем. Москва, 2000
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/safonov2/welcom.html>
7. Лейтес И.Л. Второй закон и его 12 заповедей. Изд-во Московского университета, 2002.-173с.
8. Well G. Exergetics, 1998 <http://www.exegy.se/ftp/exergetics.pdf>

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Розділ 1, тема 1.1. Загальні питання термодинамічного аналізу технічних систем перетворення енергії і речовини. Задачі, об'єкти і можливості термодинамічного аналізу. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці, їх недолік. Особливості реальних процесів у зв'язку з проявом необоротностей. Роль необоротностей в зниженні енергетичної ефективності. Необоротність і Другий закон. Спільне використання Першого і Другого законів термодинаміки в ексергетичному аналізі. Література: [1], вступ, с. 4-5; [3], глава 1, с. 15-26. Завдання на СРС. Необоротність і Другий закон.
2	Розділ 1, тема 1.2. Загальні форми матеріального і енергетичного балансів. Інтегральна, диференціальна і потокова форми балансів. Одномірний потік, рівняння нерозривності. Література: [1], глава 1, с. 6-9; [3], глава 1, Завдання на СРС. Форми балансів.
3	Розділ 1, тема 1.2. Особливості енергообміну відкритих систем. Енергія, що передається через границю системи з потоком речовини, в формі технічної роботи і в формі теплоти. Потік роботи і теплоти. Література: [1], глава 1, с. 10-12; [2], с. 6-7; [3], глава 1, с. 22-26; [1д], глава 1, с. 50-53; [1д], глава 2, с. 89-90. Завдання на СРС. Енергообмін відкритих систем.
4	Розділ 1, тема 1.2. Ексергетичні баланси стаціонарних поточних процесів. Рівняння Першого закону термодинаміки для стаціонарних поточних процесів. Часткова (алгебраїчна) форма для одного і декількох потоків речовини. Узагальнена форма рівняння Першого закону термодинаміки. Література: [1], глава 1, с. 12-16; [1д], [3], глава 2, с. 91-102. Завдання на СРС. Рівняння Першого закону термодинаміки
5	Розділ 1, тема 1.2. Особливості практичних застосувань рівнянь енергобалансу. Моделювання реального об'єкту. Використання припущень при складанні рівнянь. Література: [1], глава 1, с. 17-19. Завдання на СРС. Моделювання реальних об'єктів при складанні рівнянь енергобалансу
6,7	Розділ 1, тема 1.2. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці. Приклади застосування різних форм рівняння до важливих для практики стаціонарних поточних систем: адіабатні турбіни, теплообмінні апарати поверхневого і змішувального типу; складні відкриті системи (камера змішування, камера згоряння, випарник, парогенератор, осушник кондиціонера). Література: [1], глава 1, с. 17-26; [3], глава 6, с. 208-230. Завдання на СРС. Застосування рівнянь енергобалансу.
8	Розділ 1, тема 1.3. Другий закон термодинаміки і ентропія. Суть Другого закону. Необоротність реальних процесів. Причини необоротності. Дисипація (розсіювання) енергії. Узагальнене тертя (опір). Вихідний постулат Другого закону, два незалежні положення постулату. Ентропія – мірило хаотичного руху мікрочастинок тіла. Виробництво (генерація, виникнення) ентропії

	внаслідок прояву необоротностей. Література: [1], глава 2, с. 27-29; [1д], глава 3, с. 129-151. Завдання на СРС. Ентропія і Другий закон.
9	Розділ 1, тема 1.3. Загальні форми ентропійного балансу. Способи проведення і відведення ентропії, виробництво ентропії в системі, потік виробленої ентропії. Література: [1], глава 2, с. 29-30; [1д], глава 3, с. 138-151. Завдання на СРС. Передача ентропії і генерація ентропії.
10	Розділ 1, тема 1.3. Ентропійний баланс закритої системи. Особливості ентропійного балансу закритої системи. Перетворення механічної енергії в електричну (електрогенератор). Перетворення електричної енергії в механічну (електричний двигун). Перетворення теплоти в механічну енергію (теплосилова машина), вічний двигун другого роду, реальна теплова машина. Література: [1д], глава 3, с. 138-147. Завдання на СРС. Ентропія закритих систем
11	Розділ 1, тема 1.3. Ентропійні баланси стаціонарних поточних процесів. Один потік речовини і один тепловий потік. Декілька потоків речовини і потоків теплоти, що перетинають контрольну поверхню з різними температурами. Узагальнене рівняння ентропійного балансу. Література: [1], глава 2, с. 27-32. Завдання на СРС. Рівняння ентропійного балансу
12	Розділ 2, тема 2.1. Перетворення енергії і Другий закон. Впорядковані і неупорядковані форми енергії. Енергія – міра якості різних форм енергії. Визначення поняття ексергії. Навколишнє середовище і мертвий стан. Ексергія і анергія різних форм енергії. Література: [1], глава 3, с. 33-35; [3], глава 1, с. 18-26, [1д], глава 3, с. 164-168. Завдання на СРС. Форми енергії і їх перетворення
13	Розділ 2, тема 2.1. Ексергія і анергія теплоти. Енергетичний і ентропійний баланс для обчислення ексергії і анергії теплоти. Теплосилова машина, тепловий насос і холодильна машина. Рівняння Гюї-Стодоли. Література: [1], глава 3, с. 36-38; [2]; [3], глава 2, с. 46-51. Завдання на СРС. Ексергія теплоти.
14	Розділ 2, тема 2.1. Ексергія речовини в потоці (ексергія ентальпії). Енергетичний і ентропійний баланси для обчислення ексергії і анергії ентальпії. Питома ексергія ентальпії, також ексергії ентальпії. Література: [1], глава 3, с. 39; [2]; [3], глава 2, с. 34-42. Завдання на СРС. Ексергія ентальпії.
15	Розділ 2, тема 2.1. Ексергія роботи, кінетичної енергії потоку речовини і хімічна ексергія органічних палив. Використання Першого та Другого законів термодинаміки для визначення ексергії роботи і кінетичної енергії потоку речовини. Втрати ексергії внаслідок прояву необоротностей. Висновки по ексергії і анергії різних форм енергії. Втрати ексергії при згорянні палива, прийоми зменшення втрати. Література: [1], глава 3, с. 340-41; [2]; [3], глава 5, с. 199-203. Завдання на СРС. Хімічна ексергія палив.
16	Розділ 2, тема 2.2. Ексергетичні баланси відкритих систем. Загальна форма. Стаціонарні поточні процеси. Рівняння ексергетичного балансу: узагальнена і часткова форми. Особливості ексергетичних балансів. Формування Першого і Другого законів за допомогою понять ексергії і анергії. Деградація енергії. Література: [1], глава 3, с. 40-46; [2]; с. 7-12; [3], глава 4, с. 118-122; [2д], глава 5, с. 121-122.

	Завдання на СРС. Ексергетичний баланс контрольного об'єму.
17	Розділ 2, тема 2.3. Хімічна ексергія. Особливості оцінки хімічної ексергії. Стандартна хімічна ексергія. Стандартна хімічна ексергія газів та їх сумішей. Стандартна хімічна ексергія палива. Література: [3], глава 5, с. 199-207. Завдання на СРС. Хімічна ексергія
18	Розділ 2, тема 2.4. Знищення і втрата ексергії. Контрольна поверхня. Середня термодинамічна температура. Втрати ексергії із-за передачі теплоти і тертя. Руйнування ексергії. Відносні ексергетичні втрати. Література: [2], с. 12-17; [1д], глава 3, с. 179-181. Завдання на СРС. Знищення і втрата ексергії
19	Розділ 2, тема 2.4. Ексергетична ефективність. Турбіна детандер. Компресор, насос, вентилятор. Теплообмінники. Змішувачий блок, газифікатор, камера згоряння. Котел. Керівні принципи для визначення ексергетичної ефективності. Література: [1], глава 4, с. 47-50; [2], с. 12-17; [2д], глава 5, с. 126-146. Завдання на СРС. Ексергетична ефективність
20	Розділ 2, тема 2.4. Основні принципи для оцінки і удосконалення термодинамічної ефективності. Спрощення при оцінці знищення і втрат ексергії. Зменшення втрат ексергії в процесах згоряння, теплопередачі. Турбіни і нагнітачі. Література: [1], глава 5, с. 51-56; [2], с. 17-22. Завдання на СРС. Основні принципи зменшення втрат ексергії.
21	Розділ 2, тема 2.4. Методи зниження необоротностей в основних вузлах паросилових установок. Втрати ексергії в парогенераторі (ПГ) і конденсаторі (К) паросилової установки (ПСУ). Заходи по зниженню необоротностей в ПГ: підвищення початкових параметрів пари, проміжний перегрів пари, комбінований підігрів повітря і живильної води. Література: [1], глава 6, с. 57-60; [2], с. 23-31. Завдання на СРС. Методи зниження необоротностей ПСУ.
22	Розділ 2, тема 2.4. Нееквівалентність ексергії і її втрат. Нееквівалентність потоків ексергії на різних ділянках по мірі руху від виробників до споживачів. Вплив втрат ексергії на різних ділянках на загальні показники системи. Література: [3], глава 4, с. 143-151. Завдання на СРС. Нееквівалентність ексергії і її втрат.
23,24	Розділ 3, тема 3.1. Термодинаміка одержання низькопотенціальної теплоти. Теплота як «суміш» ексергії і анергії. Способи одержання заданого складу теплоти за допомогою ТЕЦ, ТНУ з механічним або електричним приводом, ТНУ з тепловим приводом. Схеми потоків ексергії і анергії. Одержання теплоти за допомогою електроопалення, опалювальної котельні (ідеалізованої і реальної). Схеми потоків ексергії і анергії. Порівняння опалювальної котельні і електроопалення, їх особливості. Література: [1], глава 7, с. 61-68; [3], глава 2, с. 56-61. Завдання на СРС. Термодинаміка одержання низькопотенціальної теплоти.
25	Розділ 3, тема 3.2. Удосконалення систем теплопостачання на базі котельних. Система теплопостачання на базі опалювальної котельні. Втрати ексергії. Реконструкція котельні – міні ТЕЦ. Література: [1], глава 7, с. 69-74; [4д], глава 1, с. 18-21. Завдання на СРС. Теплопостачання від районної котельні
26	Розділ 3, тема 3.2. Система теплопостачання від теплонасосної установки

	(ТНУ). Енергетичні і ексергетичні потоки в системі «ТНУ + КЕС», ексергетичний ККД, вплив необоротностей на ефективність системи. Література: [1], глава 7, с. 75-78; [4д], глава 1, с. 7-26. Завдання на СРС. Опалювальні теплонасосні установки.
27	Розділ 3, тема 3.2. Порівняльний аналіз різних систем теплопостачання. Порівняння залежностей для визначення показників ефективності, основаних на енергетичних і ексергетичних балансах, для різних систем низькотемпературного опалення. Література: [1], с. 78-79; [4д], глава 3, с. 69-83. Завдання на СРС. Порівняльний аналіз різних систем теплопостачання.

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять – вироблення умінь розв’язувати прикладні задачі інженерного характеру і їх аналіз за енергетичними, ентропійними та ексергетичними показниками.

№ з/п	Назва теми заняття
1,2,3	Матеріальні і енергетичні баланси стаціонарних поточних процесів. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці. Приклади застосування різних форм рівняння до важливих для практики стаціонарних поточних систем: адіабатні турбіни, теплообмінні апарати поверхневого і змішувального типу, складні відкриті системи (камера змішування, камера згоряння випарник, парогенератор, осушник кондиціонера). Література: [1], глава 1.
4	Ентропійні баланси закритих систем. Література: [1], глава 2.
5	Ентропійні баланси стаціонарних поточних процесів. Література: [1], глава 2.
6,7	Ексергія і енергія теплоти, речовини в потоці (ексергія ентальпії), роботи, кінетичної енергії потоку речовини, хімічна ексергія органічних палив. Література: [1], глава 3; [2, 3].
8	Ексергетичний баланс закритих систем. Література: [1], глава 3; [3].
9	Ексергетичний баланс відкритих систем. Література: [1], глава 3; [2,3].
10	Самостійна робота за матеріалами практичних занять 1-9.
11	Ексергетична ефективність процесів в турбінах, детандерах, компресорах, насосах, вентиляторах. Література: [1], глава 4; [2,3].
12	Ексергетична ефективність процесів в теплообмінниках поверхневого і змішувального типу, в котлах. Література: [1], глава 4; [2,3].
13	Втрати ексергії в основних вузлах паросилових установок. Література: [1], глава 5; [2,3].
14	Заходи по зниженню необоротностей в парогенераторі. Література: [1], глава 6; [3].
15	Модульна контрольна робота за матеріалами практичних занять.
16	Способи одержання заданого складу теплоти. Література: [1], глава 7; [3].
17	Системи теплопостачання на базі опалювальної котельні. Література: [1], глава 7; [3].
18	Системи теплопостачання від теплонасосної установки.

6. Самостійна робота студентів

№ з/п	Назва тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилення на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Розділ 1. Тема 1: Вступ. Тема 2: Перший закон термодинаміки. Загальні питання термодинамічного аналізу технічних систем перетворення енергії і речовини. Загальні форми матеріального і енергетичного балансів. Література: [1], вступ, с.4-5; глава 1, с.6-9, [3], глава 1.	3
2	Розділ 1. Тема 2: Перший закон термодинаміки. Особливості енергообміну відкритих систем. Література: [1], глава 1, с.10-12; [2], с.6-7; [3], глава 1, с.22-25; [1Д], глава 1, с.50-53; [1Д], глава 2, с.89-90.	3
3	Розділ 1. Тема 2: Перший закон термодинаміки. Енергетичні баланси стаціонарних поточних процесів. Особливості практичних застосувань рівнянь енергобалансу. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці. Література: [1], глава 1, с.12-26; [3], глава 2, с.91-102; глава 6, с.208-230.	3
4	Розділ 1. Тема 3: Другий закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки і ентропія. Література: [1], глава 2, с.27-29; [1Д], глава 3, с.129-151.	2
5	Розділ 1. Тема 3: Другий закон термодинаміки. Загальні форми ентропійного балансу. Способи проведення і відведення ентропії; виробництво ентропії в системі, потік виробленої ентропії. Література: [1], глава 2, с.29-30; [1Д], глава 3, с.138-151.	2
6	Розділ 1. Тема 3: Другий закон термодинаміки. Ентропійні баланси стаціонарних поточних процесів. Література: [1Д], глава 3, с.138-147; [1], глава 2, с.27-32.	3
7	Розділ 2. Тема 1: Ексергія. Перетворення енергії і Другий закон. Ексергія – міра якості різних форм енергії. Ексергія і енергія теплоти. Література: [1], глава 3, с.33-38; [3], глава 1, с.18-26; глава 2, с.46-51; [1Д], глава 3, с.164-168.	3
8	Розділ 2. Тема 1: Ексергія. Ексергія речовини в потоці (ексергія ентальпії). Ексергія роботи, кінетичної енергії потоку речовини. Література: [1], глава 3, с.30-41; [2], [3], глава 2, с.34-42.	3
9	Розділ 2. Тема 2: Ексергетичний баланс. Ексергетичний баланс відкритих систем. Література: [3], глава 5, с.199-207.	2
10	Розділ 2. Тема 3: Хімічна ексергія. Хімічна ексергія. Література: [1], глава 2, с.27-29; [1Д], глава 3, с.129-151.	1

11	Розділ 2. Тема 4: Ексергетичні показники ефективності основних поточних процесів. Знищення і втрата ексергії. Ексергетична ефективність. Основні принципи для оцінки і удосконалення термодинамічної ефективності. Література: [2], с.12-17; [1д], глава 3, с.179-181; [1], глава 4, с.47-50; [2], с.12-22; [2д], глава 5, с.126-146; [1], глава 5, с.51-56.	4
12	Розділ 2. Тема 4. Ексергетичні показники ефективності основних поточних процесів. Методи зниження необоротностей в основних вузлах паросилових установок. Нееквівалентність ексергії і її втрат. Література: [1], глава 6, с.57-60; [2], с.23-31; [3], глава 4, с.143-151.	4
13	Розділ 3. Тема 1: Термодинаміка одержання низько потенціальної теплоти. Термодинаміка одержання низько потенціальної теплоти. Література: [1], глава 7, с.61-68; [3], глава 2, с.56-61.	4
14	Розділ 3. Тема 2: Аналіз систем теплопостачання. Удосконалення систем теплопостачання на базі котельних. Система теплопостачання від тепло насосної установки (ТНУ). Порівняльний аналіз різних систем теплопостачання. Література: [1], глава 7, с.69-79; [4], глава 1, с.7-26; [4д], глава 1, с.7-26; глава 3, с.69-83.	6

7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання пов'язані з рішенням задач і опрацюванням окремих тем по оригіналах підручників з ексергетичного аналізу США, Англії, Германії, Польщі, Росії.

Окремі студенти виконують наукову роботу по тематиці курсу з метою підготовки доповіді на конференції, статті.

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентами:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- захист розрахункової роботи відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- захист лабораторних робіт відбувається на занятті у виділений для цього викладачем час.

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Передбачено виконання самостійної роботи під керівництвом викладача: 1 - за матеріалами розділу 1 і розділу 2 (теми 1, 2) та МКР – розділів 1 і 2.

Мета – перевірка умінь одержувати необхідні розрахункові співвідношення, що витікають з матеріальних, енергетичних, ентропійних та ексергетичних балансів, і виконувати за ними розрахунки простих процесів і пристроїв з одержанням вірних результатів.

Основні вимоги до виконання самостійної роботи і МКР за змістом:

- уміння одержувати необхідні розрахункові співвідношення, які впливають з матеріальних, енергетичних і ексергетичних балансів, та виконувати за ними розрахунки з одержанням вірних результатів;

Вимоги до виконання самостійної роботи і МКР за формою:

- умову задачі записувати скорочено в стовпчик;
- розв'язання задачі, окрім графічних ілюстрацій, супроводиться текстом, який пояснює характер використовуваних співвідношень і виконуваних дій;
- перед числовими обчисленнями приводити відповідні розрахункові співвідношення;
- вказувати одиниці всіх фізичних величин, які зустрічаються при розв'язуванні задачі;
- при обчисленні обмежуватись числом значущих цифр у відповідності до вихідних даних задачі.

При перевірці основного змісту самостійної роботи і МКР звертається увага на такі критерії оцінювання:

- наскільки точно і глибоко студент зрозумів запропоновану задачу і чи знайшло це відображення в скороченій умові, при виконанні графічних ілюстрацій (схем пристроїв, графіків робочих процесів в термодинамічних діаграмах і т.ін.) і викладенні пояснювального тексту;
- наскільки шлях, який веде до одержання вимагаємих завданням результатів, розкриває зміст завдання та є простим і коротким;
- наскільки правильно вибрані при виконанні розрахунків узгоджені одиниці фізичних величин і дотримуються правила підстановок та наближених обчислень;
- акуратність, логічність, грамотність і естетичність зроблених записів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання аудиторних і домашніх завдань з практичних занять та відповідей на практичних заняттях;
- 2) роботу на лекційних заняттях, якість ведення лекційного та опорного конспектів;
- 3) самостійну роботу під керівництвом викладача і МКР;
- 4) індивідуальне завдання;
- 5) відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів

1. Практичні заняття

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 10 балів.

Максимальний бал студент отримує за своєчасне, повне і правильне вирішення задач, підготовленість до практичного заняття та правильні відповіді на запитання викладача. При оцінці роботи студента «добре» нараховується 7 балів, а задовільно – 4 бали.

2. Робота над лекційними матеріалами

Максимальна кількість балів – 6. Враховується якість і глибина ведення лекційного та опорного конспектів.

Критерії оцінювання:

«відмінно» - 6 балів; «добре» - 4 бали; «задовільно» - 2 бали.

3. Самостійна робота під керівництвом викладача і МКР

При виконанні контрольних робіт звертається увага на такі критерії оцінювання:

- наскільки точно і глибоко студент зрозумів запропоновану задачу і чи знайшло це відображення в скороченій її умові, при виконанні графічних ілюстрацій (схем пристроїв, графіків робочих процесів в термодинамічних діаграмах і т. ін.) і викладенні пояснювального тексту;
- наскільки шлях, який веде до одержання вимагаємих задачею результатів, розкриває зміст задачі і є простим і коротким;
- наскільки вірно вибрані при виконанні розрахунків узгоджені одиниці фізичних величин і дотримані правила підстановок і наближених обчислень;
- акуратність, логічність, грамотність і естетичність зроблених записів.

Оцінка «відмінно» ставиться за роботу, в якій студент продемонстрував уміння вільно виконувати завдання з додержанням вимог за змістом і формою, вибрав найбільш короткий і простий шлях рішення задачі, проявив системність мислення при грамотному викладенні пояснювального тексту.

Оцінка «добре» ставиться за роботу, в якій студент успішно справився з виконанням завдання за змістом, але допустив помилки в описовій його частині.

Оцінка «задовільно» ставиться за роботу, в якій студент без суттєвих помилок справився з виконанням завдання за змістом в об'ємі, який задовольняє основним вимогам програми курсу.

Оцінка «незадовільно» виставляється студенту при виявленні прогалин в знаннях основного програмного матеріалу і принципових помилок в виконанні контрольного завдання.

За самостійну роботу при отриманні оцінки «відмінно» студент отримує 8 балів, «добре» - 6 балів, «задовільно» - 3 бали. За МКР: «відмінно» -14 балів, «добре» - 10 балів, «задовільно» - 7 балів. Максимальна кількість балів за дві роботи дорівнює 22 бали. При отриманні оцінки «незадовільно» студент отримує 0 балів за кожну самостійну роботу.

4. Індивідуальні задачі

Ваговий бал – 14. Критерії оцінювання близькі до критеріїв оцінювання самостійної роботи під керівництвом викладача і МКР. Враховується якість пояснювальної записки та графічного матеріалу (сучасність прийнятих рішень, глибина обґрунтування та розрахунків, якість оформлення, виконання вимог нормативних документів, тощо), дотримання графіка виконання роботи, а також якість захисту студентом роботи (ступінь володіння матеріалом, аргументованість рішень, уміння захищати свою думку, тощо).

Три рівні оцінювання: "відмінно" - 14 балів, "добре" – 11, "задовільно" - 7.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- відсутність на практичному чи лекційному занятті без поважної причини.....- 1 бал;
- відсутність на контрольній роботі без поважної причини.....- 1 бал;
- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання РР.....- 1 бал;
- заохочувальні бали (за виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів).....+ 2 бали.

Розмір шкали рейтингу R=100 балів

Розмір стартової шкали $r_c=55$ балів

Розмір екзаменаційної шкали $R_e=45$ балів

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 9 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «ідеальний» студент має отримати 18 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 18 балів (згідно з календарним планом контрольних заходів на початок 14 тижня «ідеальний» студент має отримати 37 балів).

Значення поточного рейтингу студента з кредитного модуля систематично доводиться до його відома.

Умови допуску до екзамену: зарахування всіх завдань з практичних занять, розрахункової роботи, самостійних робіт під керівництвом викладача і МКР, а також стартовий рейтинг $r_c \geq 25$ бали. Значення стартової рейтингової оцінки (r_c) доводиться до студентів на останньому занятті.

Критерії екзаменаційного оцінювання

За відповіді на екзамені максимальна сума балів дорівнює 50. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне – 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-14 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-11 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів;

«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 17-15 балів;

«задовільно», завдання, виконане з певними недоліками – 14-12 балів;

«незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали $R = r_C + r_E$	ECTS оцінка	Екзаменац. оцінка
95 - 100	A	відмінно
85 - 94	B	дуже добре
75 - 84	C	добре
65 - 74	D	задовільно
60 - 64	E	достатньо
Менше 60	F _x	незадовільно
$r_C < 25$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	не допущено

При вивченні курсу велике значення має набуття студентами навиків застосування теоретичних положень до рішення задач прикладного інженерного характеру. Ця важлива особливість учбового процесу безпосередньо зв'язана з посиленням систематичної роботи студентів, як основного засобу підвищення ефективності навчання. Рішення задач, - як числових, так і в загальному вигляді – сприяє не лише кращому освоєнню теоретичних положень курсу, а й поступовому переходу від знання учбового матеріалу до уміння практичного користуватись своїми знаннями. При самостійному рішенні задач необхідно притримуватись загальної методичної схеми, яка використовувалась в курсі технічної термодинаміки.

Робота студента контролюється на протязі всього семестру. Рейтингова система оцінювання враховує як роботу на практичних заняттях, так і виконання індивідуальних завдань.

Для оволодіння дисципліною рекомендується такі орієнтовні норми часу на самостійну роботу: вивчення лекційного матеріалу – не менше 1 години на 1 лекцію; підготовка до практичного заняття – не менше 1,5 годин 1 заняття; підготовка до екзамену – 30 годин. Підсумковий контроль – іспит.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Куделя Петро Петрович

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 14 від 24.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2020р.)